

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра транспортних технологій і технічного сервісу

ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ МАШИН

Методичні рекомендації для самостійного вивчення теоретичного курсу студентами денної форми навчання з дисципліни спеціальностей 7.10010201 «Процеси, машини та обладнання агропромислових підприємств», 7.01010401 «Професійна освіта (за профілем)»

Миколаїв

2011 р.

УДК 629.114.2.011.1

ББК 39.34 – 08

Методичні рекомендації підготували:

Мамарін В.В. к.т.н., доцент

Марченко Д.Д. асистент

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри ТТ і ТС д.т.н., професор Бутаков Б.І.

Рецензенти:

Наливайко В.С. – д.т.н., професор, заступник директора машинобудівного інституту НУК ім. адм. Макарова.

Іванов Г.О. – к.т.н., доцент кафедри „Загальнотехнічних дисциплін” Миколаївського державного аграрного університету.

Технологія ремонту машин: Методичні рекомендації для самостійного вивчення теоретичного курсу для студентів денної форми навчання з дисципліни «Технологія ремонту машин» спеціальностей 7.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», 7.010104 «Професійне навчання» / Уклад.: [В.В. Мамарін, Д.Д. Марченко] – Миколаїв: МДАУ, 2011

Друкується за рішенням методичної комісії факультету механізації с.г. МДАУ від “29” вересня 2011 р., протокол № 1.

Надруковано в кількості 40 примірників

©Миколаївський державний аграрний університет

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	4
1. Виробничі й технологічні процеси ремонтного виробництва	9
1.1. Загальні положення виробничого процесу ремонту машин	9
1.2. Приймання в ремонт машин, агрегатів, вузлів і деталей, видача їх із ремонту	9
1.3. Миття і очищення машин, агрегатів, вузлів і деталей	12
1.4. Розбирання машин, агрегатів і вузлів	18
1.5. Контроль (дефекація) і сортування деталей і спряжень	21
1.6. Ремонт і відновлення деталей і спряжень	35
1.7. Комплектування, балансування, складання, обкатування і випробування вузлів , агрегатів і машин	37
1.8. Механічна і слюсарна обробка	40
2. Зварювання і наплавлення деталей	55
2.1. Фізичні і технологічні основи зварювання	55
2.2. Механізоване зварювання і наплавлення	72
2.3. Плазмово-дугове наплавлення	91
2.4. Спеціальні види наплавлення і зварювання	94
2.5. Газотермічне напилення	102
Література	109

ВСТУП

Високоефективне використання в сільському господарстві тракторів, автомобілів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин і знарядь можливе тільки за високої якості їх виготовлення і ремонту.

Систематичне і високоякісне проведення технічних доглядів за машинами, механізмами, знаряддям та обладнанням, своєчасний і високоякісний ремонт техніки забезпечують постійну готовність цієї техніки до роботи, високу економічну ефективність виконуваних операцій.

Отже, високопродуктивне використання в сільському господарстві нових і відремонтованих тракторів, автомобілів, комбайнів та інших технічних засобів залежить насамперед від конструктивно-технологічної (заводської) й експлуатаційної (господарської) надійності й довговічності.

Автотракторна промисловість і промисловість сільськогосподарського машинобудування поставляють сільському господарству необхідні для ремонту техніки запасні деталі, вузли й агрегати, ремонтні матеріали.

Завданням сільськогосподарського ремонтного виробництва є забезпечення нормальної роботи всіх машин, механізмів і знарядь.

Виробничим процесом у машинобудуванні називають сукупність взаємозв'язаних процесів, необхідних для створення з вихідних матеріалів готової продукції.

Технологічним процесом називається та основна частина виробничого процесу, яка безпосередньо пов'язана із змінюванням форм, розмірів, властивостей матеріалів або напівфабрикатів з метою виготовлення деталей, а також пов'язана із складанням і випробуванням вузлів, агрегатів, машин.

Машини й агрегати, які підлягають ремонту, відправляють у ремонтні підприємства, де їх приймають у ремонт згідно з технічними умовами на приймання машин, агрегатів, вузлів і деталей.

Машини, агрегати й вузли, які здають у капітальний ремонт, щодо типу й конструкції повинні відповідати стандартним (даної марки). Відхилення в

конструкції, розмірах і матеріалі деталей можуть бути лише у зв'язку з специфікою ремонтного виробництва (ремонтні розміри, додаткові деталі, покриття) і мають відповідати діючим технічним умовам на ремонт, складання і випробування машин.

Трактори, автомобілі, комбайни, двигуни та інші агрегати треба здавати в ремонт комплектно. Вони не повинні мати деталей і вузлів, замінених непридатними перед відправкою машин та агрегатів у ремонт. Як виняток допускається відсутність незначної кількості нормалей (болтів, шпильок, гайок) та деяких дрібних деталей (ручок від дверець кабін, стекло фар, лампочок, пробок тощо). На об'єкти, що здаються у ремонт, повинні бути акти: технічного стану, складені господарством, із зазначенням: марки машини (агрегату), її номери, дати зняття з експлуатації, виробітку (пробіг, час роботи) з початку експлуатації і після останнього капітального ремонту (якщо він був), технічного стану й комплектності об'єкта. Разом з трактором автомобілем і двигуном до ремонтного підприємства здають технічний паспорт із зазначенням виробітку (гектари оранки, кілометри пробігу, мото-години, кілограми витраченого палива). Після ремонту до цього паспорта заносять основні дані про виконаний ремонт.

Вантажні автомобілі й бензинові і двигуни мають два види комплектностей: першу і другу.

Автомобілі першої комплектності - повнокомплектні, тобто з кузовами, кабінами, платформами і всіма агрегатами, приладами, арматурою і деталями; другої комплектності - без платформ, фургонів і деталей, що кріплять їх до рам.

Двигуни першої комплектності - повнокомплектні, тобто із зчепленнями коробками передач, електрообладнанням приладами живлення, з усіма агрегатами та іншими приладами, що встановлюються на них; другої комплектності - із зчепленням, але без вентилятора, водяного насоса, масляних фільтрів водяних патрубків, приладів електрообладнання і живлення, компресорів гальмової системи.

Пускові двигуни дизелів треба здавати в ремонт з муфтами зчеплення, впускними й випускними трубами (колекторами), механізмами виключення, карбюраторами, магнето й регуляторами.

До обов'язкового комплекту паливної апаратури, що надходить у ремонт, належать: паливний насос з регулятором, підкачувальна помпа, форсунки й паливопроводи високого тиску.

Машини й агрегати перед здаванням у ремонт треба очистити від бруду і вимити; агрегати при цьому, як правило не повинні містити рідкого мастила. Здавання машин, агрегатів і вузлів до ремонтного підприємства оформляють відповідними приймально-здавальними актами.

Доставляють машини й агрегати на ремонтне підприємство і назад у господарство за згодою: ремонтне підприємство або замовник.

Відремонтовані машини, двигуни та інші агрегати мають бути повністю укомплектовані деталями, передбаченими конструкцією, у тому числі болтами, шпильками, гайками, арматурою (для підведення палива, масла і води), манометрами, покажчиками температури амперметрами, маслянками тощо.

Основні агрегати й вузли, картер двигуна, паливний насос з регулятором клапани масляного насоса і фільтра, регулятор пускового двигуна, коробки передач, задній міст, бортові передачі, насос і розподільник гідросистеми після ремонту пломбують на строк гарантії ремонту.

Колінчасті вали, які ремонтують окремо від двигунів, комплектують з вкладишами корінних і шатунних підшипників, консервують і упаковують у тару, яка забезпечує збереженість деталей під час зберігання і транспортування. Відремонтовані гільзи циліндрів комплектують з поршнями, поршневыми кільцями і пальцями відповідних ремонтних (або нормальних - для пальців) розмірів, що забезпечують нормальний (номінальний) характер спряжень деталей. При цьому гільзи консервують і упаковують у тару, що оберігає їх від корозії, деформації та інших ушкоджень.

Усі агрегати, вузли й деталі, які окремо випускаються з ремонту, покривають відповідним захисним мастилом, у потрібних місцях встановлюють захисні деталі для запобігання забрудненню і проникненню вологи всередину каналів і механізмів, упаковують і вкладають у тару.

До відремонтованого трактора, автомобіля, комбайна або агрегату прикріплюють бирку, на якій зазначають назву ремонтного підприємства, номер відремонтованого об'єкта і номер акта відділу технічного контролю на приймання його з ремонту. Приймання замовником відремонтованих машин, двигунів та інших агрегатів від ремонтних підприємств оформляють відповідними актами. Разом з трактором, автомобілем і двигуном замовникові видають технічний паспорт, підписаний у відділі технічного контролю ремонтного підприємства. На відремонтовані й упаковані деталі та вузли складають відповідно супровідні документи.

У цих методичних рекомендаціях на перше місце висунуті питання довгочасної роботи сільськогосподарської техніки з як найменшим обсягом необґрунтованих робіт, пов'язаних з її розбиранням, ремонтом і складанням. Разом з тим, враховано, що в усіх машинах, механізмах і знаряддях (як у тих, що працюють, так і в тих, що перебувають на зберіганні) завжди в більшій або меншій мірі мають місце спрацювання, деформації корозія та інші дефекти, для усунення яких треба виконувати демонтажно-монтажні і ремонтно-відновлювальні роботи.

Після вивчення і виконання практичних робіт з навчального предмета «Технологія ремонту машин» студент повинен знати: види й причини спрацювання та інші несправності сільськогосподарської техніки; виробничі й технологічні процеси ремонтного виробництва; технологію ремонту тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин, знарядь та обладнання; планування та організацію ремонту сільськогосподарської техніки; організацію матеріально-технічного постачання ремонту; технічне нормування та оплату праці на ремонтних роботах; контроль якості ремонту; основи проектування ремонтних підприємств, основи економіки ремонтного

виробництва. Крім того, студент мусить уміти визначати несправності деталей, вузлів і механізмів; проводити технічну діагностику, дефектацію спряжень; повинен уміти різними способами відновлювати спрацьовані деталі; розбирати, складати, регулювати, обкатувати і випробовувати вузли, агрегати й машини; планувати роботу ремонтного підприємства; складати маршрутний технологічний процес ремонту деталей машин; організувати ремонт машин у майстерні.

Методичні рекомендації для самостійного вивчення теоретичного курсу для студентів денної форми навчання з дисципліни «Технологія ремонту машин» спеціальностей 7.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», 7.010104 «Професійне навчання» складені у відповідності з робочою програмою курсу і кредитно-модульної схеми її вивчення.

Кредитно-модульна схема вивчення дисципліни

«Технологія ремонту машин»

№ модуля	Назва модуля	Всього <u>годин</u> кредитів	Розподіл аудиторного навантаження		Самостійна робота студентів	Вагомість модуля у формуванні знань та умінь, %
			Лекції	Лабораторно-практичні заняття		
1	Загальна технологія ремонту машин	62 (1,72)	8	12	28	61
2	Основи спеціальної технології ремонту деталей та вузлів	46 (1,28)	6	16	38	39
	Всього	108 (3)	14	28	66	100

1. ВИРОБНИЧІ Й ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1. Загальні положення виробничого процесу ремонту машин

Виробничим процесом у машинобудуванні називають сукупність взаємозв'язаних процесів, необхідних для створення з вихідних матеріалів готової продукції.

Технологічним процесом називається та основна частина виробничого процесу, яка безпосередньо пов'язана із змінюванням форм, розмірів, властивостей матеріалів або напівфабрикатів з метою виготовлення деталей, а також пов'язана із складанням і випробуванням вузлів, агрегатів, машин.

Машини й агрегати, які підлягають ремонту, відправляють у ремонтні підприємства, де їх приймають у ремонт згідно з технічними умовами на приймання машин, агрегатів, вузлів і деталей.

До виробничого й технологічного процесів капітального ремонту машини (агрегату) входять:

- 1) приймання машини в ремонт і миття її зовні;
- 2) розбирання машини на агрегати, вузли й деталі; миття та очищення деталей;
- 3) контроль (дефектація) і сортування деталей і спряжень;
- 4) ремонт і відновлення деталей і спряжень;
- 5) комплектування і складання вузлів і агрегатів; фарбування, обкатка й випробування агрегатів;
- 6) загальне складання, фарбування і обкатка машини;
- 7) видача машини з ремонту.

1.2. Приймання в ремонт машин, агрегатів, вузлів і деталей видача їх з ремонту

Машини, агрегати й вузли, які здають у капітальний ремонт, щодо типу й конструкції повинні відповідати стандартним (даної марки). Відхилення в

конструкції, розмірах і матеріалі деталей можуть бути лише у зв'язку з специфікою ремонтного виробництва (ремонтні розміри, додаткові деталі, покриття) і мають відповідати діючим технічним умовам на ремонт, складання і випробування машин.

Трактори, автомобілі, комбайни, двигуни та інші агрегати треба здавати в ремонт комплектно. Вони не повинні мати деталей і вузлів, замінених непридатними перед відправкою машин та агрегатів у ремонт. Як виняток допускається відсутність незначної кількості нормалей (болтів, шпильок, гайок) та деяких дрібних деталей (ручок від дверець кабін, стекол фар, лампочок, пробок тощо). На об'єкти, що здаються у ремонт, повинні бути акти: технічного стану, складені господарством, із зазначенням: марки машини (агрегату), її номера, дати зняття з експлуатації, виробітку (пробіг, час роботи) з початку експлуатації і після останнього капітального ремонту (якщо він був), технічного стану й комплектності об'єкта. Разом з трактором автомобілем і двигуном до ремонтного підприємства здають технічний паспорт із зазначенням виробітку (гектари оранки, кілометри пробігу, мото-години, кілограми витраченого палива). Після ремонту до цього паспорта заносять основні дані про виконаний ремонт.

Вантажні автомобілі й бензинові і двигуни мають два види комплектностей: першу і другу.

Автомобілі першої комплектності - повнокомплектні, тобто з кузовами, кабінами, платформами і всіма агрегатами, приладами, арматурою і деталями; другої комплектності - без платформ, фургонів і деталей, що кріплять їх до рам.

Двигуни першої комплектності - повнокомплектні, тобто із зчепленнями, коробками передач, електрообладнанням приладами живлення, з усіма агрегатами та іншими приладами, що встановлюються на них; другої комплектності - із зчепленням, але без вентилятора, водяного насоса, масляних фільтрів водяних патрубків, приладів електрообладнання і живлення, компресорів гальмової системи.

Пускові двигуни дизелів треба здавати в ремонт з муфтами зчеплення, впускними й випускними трубами (колекторами), механізмами виключення, карбюраторами, магнето й регуляторами.

До обов'язкового комплекту паливної апаратури, що надходить у ремонт, належать: паливний насос з регулятором, підкачувальна помпа, форсунки й паливопроводи високого тиску.

Машини й агрегати перед здаванням у ремонт треба очистити від бруду і вимити; агрегати при цьому, як правило не повинні містити рідкого мастила. Здавання машин, агрегатів і вузлів до ремонтного підприємства оформляють відповідними приймально-здавальними актами.

Доставляють машини й агрегати на ремонтне підприємство і назад у господарство за згодою: ремонтне підприємство або замовник.

Відремонтовані машини, двигуни та інші агрегати мають бути повністю укомплектовані деталями, передбаченими конструкцією, у тому числі болтами, шпильками, гайками, арматурою (для підведення палива, масла і води), манометрами, покажчиками температури амперметрами, маслянками тощо.

Основні агрегати й вузли, картер двигуна, паливний насос з регулятором клапани масляного насоса і фільтра, регулятор пускового двигуна, коробки передач, задній міст, бортові передачі, насос і розподільник гідросистеми після ремонту пломбують на строк гарантії ремонту.

Колінчасті вали, які ремонтують окремо від двигунів, комплектують з вкладишами корінних і шатунних підшипників, консервують і упаковують у тару, яка забезпечує збереженість деталей під час зберігання і транспортування. Відремонтовані гільзи циліндрів комплектують з поршнями, поршневыми кільцями і пальцями відповідних ремонтних (або нормальних - для пальців) розмірів, що забезпечують нормальний (номінальний) характер спряжень деталей. При цьому гільзи консервують і упаковують у тару, що оберігає їх від корозії, деформації та інших ушкоджень.

Усі агрегати, вузли й деталі, які окремо випускаються з ремонту, покривають відповідним захисним мастилом, у потрібних місцях встановлюють захисні деталі для запобігання забрудненню і проникненню вологи всередину каналів і механізмів, упаковують і вкладають у тару.

До відремонтованого трактора, автомобіля, комбайна або агрегату прикріплюють бирку, на якій зазначають назву ремонтного підприємства, номер відремонтованого об'єкта і номер акта відділу технічного контролю на приймання його з ремонту. Приймання замовником відремонтованих машин, двигунів та інших агрегатів від ремонтних підприємств оформляють відповідними актами. Разом з трактором, автомобілем і двигуном замовникові видають технічний паспорт, підписаний у відділі технічного контролю ремонтного підприємства. На відремонтовані й упаковані деталі та вузли складають відповідно супровідні документи.

1.3. Миття і очищення машин, агрегатів, вузлів і деталей

Після приймання трактори, автомобілі, комбайни й агрегати відправляють на склад ремонтного фонду або безпосередньо в цех для ремонту. З складу машини транспортують трактором (тягачем), а агрегати - електрокаром або іншим видом транспорту у відділення зовнішнього миття.

Старанне зовнішнє очищення і миття машин, особливо тракторів, автомобілів та їх агрегатів, є необхідною умовою, що забезпечує чистоту в цеху розбирання і в прилеглих до нього приміщеннях.

У відділенні зовнішнього миття зливають масло з масляних картерів, які при цьому пропарюють. З цією метою в картери через маслорозливні отвори по шлангах вводять пару низького тиску, яка нагріває деталі й масло, після чого залишки масла разом з конденсатом витікають через маслорозливні отвори картерів і по трубопроводах надходять у відповідні місткості. Порожнини двигуна, коробки передач, редуктора й заднього моста промивають гарячою водою.

Для зовнішнього миття тракторів використовують мийні машини типу ОМ), для миття двигунів і автотракторних деталей - машини типу ММЧ, для миття задніх мостів у складеному вигляді - машини КМ-3. Для миття деталей і вузлів широко використовують конвеєрні мийні машини МК-1, ОМ-837, ОМ-691 тощо. Крім того, використовують ще й установки для промивання масляних каналів у блоках, шатунах і колінчастих валах, а також струминні установки для миття головок циліндрів, масляних картерів тощо.

Найпродуктивніше в сучасних мийних установках мити машини підігрітою технологічною парою до 60 - 80° С водою з 1 - 2-процентним розчином їдкою натру під тиском 0,6 - 0,1 МПа. Двигуни, коробки передач, редуктори, передні й задні мости та інші агрегати тракторів і автомобілів миють у складеному вигляді в мийних машинах МД-2 (МО-2) спочатку зовні протягом 10 - 12 хв, а потім всередині протягом 8 - 10 хв 1 - процентним розчином каустичної або кальцинованої соди і 0,8 - 1-процентним розчином рідкого скла при температурі води 85 - 95° С.

Деталі, які легко ушкоджуються, миють і очищають від бруду, масла, нагару та накипу особливо старанно. Для цього застосовують механічні й хімічні способи, промивання в різних активних розчинах і у воді, використовують механічну вібрацію, ультразвукові коливання та інші методи активізації очищення і миття.

Для видалення бруду й масла деталі промивають у гарячих лужних розчинах у мийних машинах або ваннах. Бензином або гасом промивають головним чином деталі паливної апаратури двигунів і підшипники кочення.

На відміну від тваринних і рослинних жирів, мінеральні маслянисті забруднення деталей не утворюють з лугами добре розчинних у воді солей (мила). Оскільки сила зчеплення масла й металу досить велика, то самого тільки лугу виявляється не досить для відокремлення масла від металу. Тому до лугу додають спеціальні активні речовини - емульгатори, які обволікають плівкою шар масла на металі, утворюючи при цьому водну емульсію (суміш найдрібніших частинок масла і води).

Емульгаторами є рідке скло, мило, декстрин, желатин, клей, жирні кислоти і різні білкові речовини; їх додають до лужних розчинів звичайно 0,2 - 0,5%.

Останнім часом для мийних рідин успішно застосовують газовий контакт (ГОСТ 463 - 83), що являє собою нафтові сульфокислоти, добуті під час обробки газового дистилату сірчанним ангідридом, а також синтетичні мийні речовини, приготовлені на основі поверхнево активних речовин. Найефективніший з цих речовин є водний розчин ДС-РАС (0,1%), кальцинованої соди (1,5%) та рідкого скла (0,5%).

Найпоширенішим способом знежирювання і очищення деталей є промивання їх у лужних розчинах з активізуючими добавками, а потім водою у дво- або трикамерних мийних машинах. Ці машини являють собою зварені із сталевих листів камери, всередині яких установлені конвеєри для переміщення деталей. Через сопла (насадки) труб у камери подають під тиском 5 - 7 кг/см² лужний розчин, нагрітий до температури 80 - 90° С, під дією якого з поверхонь деталей видаляють бруд і масло. Через 10 - 20 хв. ці деталі переміщують із зони дії лужного розчину в зону миття (від лугів) чистою гарячою водою.

У трикамерній машині є три зони миття (три камери): 1) попереднє миття лужним розчином або гарячою водою для розм'якшення бруду й засохлого мастила; 2) знежирювання і видалення масла та бруду; 3) обполіскування гарячою водою.

Нагріті в мийній машині деталі після вивантаження з камер і розміщення на стелажах швидко висихають без обтирання або обдування.

Рами й корпуси трансмісій тракторів, автомобілів очищають і знежирюють у сталевих зварних ваннах відповідних розмірів, де їх видержують у гарячому лужному розчині протягом 15 - 30 хв., після чого обполіскують у гарячій воді. Розчин і воду в цих ваннах підігрівають паром, що надходить у змішувачі. Для завантаження рам і корпусів у ванни, обполіскування і вивантаження їх з ванн застосовують електротельфери,

встановлювані на монорейці, кран-балці або консольному крані (крані-укосині).

Нагар і густі відклади продуктів полімеризації масла і палива, а також частинки від спрацювання та бруд видаляють з деталей механічним або хімічним способами.

Відклади й нагар знімають механічним способом, застосовуючи при цьому металеві щітки, що приводяться в обертний рух електродвигунами через гнучкі вали, і скребачки. Можна очищати деталі також за допомогою піскоструминної або гідропіскоструминної обробки.

Недоліками використання металевих щіток є непристосованість їх для роботи у важкодоступних місцях і утворення на очищених місцях рисок, які в дальшому стають осередками повторного зосередження нагару та інших відкладів.

При гідропіскоструминній обробці не виділяється сухий піщаний пил, як при звичайній піскоструминній, внаслідок чого ця обробка набула значного поширення.

Хімічний спосіб видалення густих відкладів полягає у видержуванні деталей у ванні з підігрітим до температури 70 - 80° С розчином до розм'якшення відкладів (25 - 35 хв.) і наступному видаленні їх волосяними щітками або обтиральним матеріалом (ганчір'ям). Після видалення відкладів деталі промивають у звичайних мийних машинах або у ваннах з чистою гарячою водою. З 1969 р. за пропозицією ГОСНИТИ, хімічна промисловість випускає синтетичний мийний препарат АМ - 15, призначений для очищення деталей від смолистих відкладів. Цим препаратом очищають деталі, виготовлені як з чорних і кольорових металів, так і з легких сплавів.

Слід мати на увазі, що лужні розчини, які використовують для знежирювання і очищення сталевих і чавунних деталей, не можна застосовувати для миття деталей з алюмінієвих сплавів, бо лужні розчини підвищеної концентрації роз'їдають ці сплави.

Синтетичні мийні засоби ДС - РАС і «Прогресе» з добавками кальцинованої і каустичної соди, тринатрійфосфату та рідкого скла придатні для очищення деталей як з чорних металів, так і з алюмінієвих сплавів.

У табл. 1.1 наведено хімічний склад розчинів для знежирювання деталей і видалення з них бруду й нагару.

Хімічний спосіб видалення нагару забезпечує високу якість очищення деталей і не пошкоджує їх. Проте він складніший від механічних способів і забирає більше часу.

Для видалення нагару, бруду та інших відкладів, а також для знежирювання деталей у звичайних мийних розчинах останнім часом з великим успіхом почали використовувати ультразвук. Дія ультразвуку на забруднені деталі активізує процес, різко скорочує його тривалість і забезпечує високу якість очищення та знежирювання, чого не можна досягти іншими способами.

Ультразвукові установки складаються з генераторів ультразвукових коливань (типу УЗГ-10, УЗГ-1) та ультразвукових агрегатів (моделей УЗА-1, УЗА-2).

Накип із системи охолодження двигуна видаляють різними хімічними реагентами - залежно від хімічного складу води, з якої утворився накип, а також від матеріалу деталей системи.

Ультразвукові установки складаються з генераторів ультразвукових коливань (типу УЗГ-10, УЗГ-1) та ультразвукових агрегатів (моделей УЗА-1, УЗА-2).

Накип із системи охолодження двигуна видаляють різними хімічними реагентами - залежно від хімічного складу води, з якої утворився накип, а також від матеріалу деталей системи.

Із сорочок охолодження чавунних блоків і головок циліндрів накип видаляють 8 - 10-процентним водним розчином кальцинованої або каустичної соди (NaOH , Na_2CO_3) або 7 - 9-процентним розчином соляної

кислоти (HCl). Замість розчину кальцинованої або каустичної соди можна взяти 3 - 5-процентний розчин тринатрійфосфату.

Таблиця 1.1

Компоненти розчинів	Концентрація розчинів(г на 1л води)					
	Для знежирення і видалення бруду				Для знімання нагару	
	1	2	3	4	1	2
	Для сталевих і чавунних деталей					
Їдкий натр NaOH (каустична сода)	0,8	-	2	-	25	-
Вуглекислий натрій Na ₂ CO ₃	5,5	7,5	-	10	35	1,5
Рідке скло Na ₂ SiO ₃	-	-	3	-	1,5	1,5
Господарське мило	0,2	0,2	-	-	24	-
Хромпик K ₂ Cr ₂ O ₇	-	-	-	0,1	-	-
Емульсол	-	-	-	-	-	35
Тринатрій фосфат Na ₃ PO ₄	1,0	1,3	5,0	-	-	-
	Для деталей з алюмінієвих сплавів					
Їдкий натр	0,1- 0,2	0,1- 0,2	-	-	-	-
Вуглекислий натрій	-	0,4	1	0,4	19	10
Рідке скло	-	-	-	0,15	9	10
Господарське мило	-	-	-	-	10	10
Хромпик	-	-	0,05	-	-	1
Тринатрійфосфат	0,4	-	-	-	-	-
Нітрат натрію	0,15- 0,25	0,15- 0,25	-	-	-	-

До блока чи головки циліндрів, вміщених у мийну камеру, приєднують за допомогою фланця гумовий шланг, по якому насосом подають нагрітий до

температури 60 - 80° С розчин. Загальна тривалість промивання головки або блока циліндрів залежно від товщини накипу і його складу коливається від 40 до 80 хв.

Щоб кислота менше роз'їдала деталі обладнання, до розчину додають присадки - інгібітори (уповільнювачі корозії), зокрема уротропін. Поверхню ванни, яка стикається з кислотою, крім того, вкривають гумою, а зовнішню поверхню - асфальтовим лаком.

Після видалення накипу водянні сорочки головки і блока циліндрів обов'язково промивають чистою (краще гарячою) водою.

Водянні сорочки головок і блоків циліндрів, виготовлених з алюмінієвих сплавів, від накипу очищають 10-процентним водним розчином фосфорної кислоти (H_3PO_4) та 5-процентним розчином хромового ангідриду (CrO_3) або 6-процентним розчином молочної кислоти.

Деталі, які треба очистити, завантажують у ванну з розчином, підігрітим до температури 30 - 40° С, і видержують у ньому протягом 0,5 - 2 год. Після цього промивають водним розчином хромпіку слабкої концентрації (0,5 - 1 %), а потім холодною і гарячою водою.

Технологія очищення від накипу радіаторів східна з приведеною, але тут застосовують спеціальні установки для нагріву і циркуляції розчину через радіатор.

1.4. Розбирання машин, агрегатів і вузлів

Під час розбирання особливу увагу треба приділяти послідовності операцій, щоб знімання одних деталей, вузлів і агрегатів полегшувало знімання інших. Тому всі роботи, пов'язані з розбиранням, треба виконувати відповідно до типової технології ремонту машин.

Незважаючи на різноманітність машин, агрегатів і вузлів, виконувани під час розбирання технологічні операції значною мірою однотипні. До характерних з них належать: відкручування гайок, болтів і шпильок;

знімання стопорних пристроїв і закріплених деталей; розпресовування деталей; знімання деталей, з'єднаних із зазорами.

Правильне виконання насамперед цих типових операцій і якнайбільша їх механізація дають можливість підвищити якість і продуктивність праці, зберегти і в дальшому використати максимальну кількість деталей, що кінець кінцем сприяє зниженню вартості ремонту.

Для розбирання різьбових з'єднань треба застосовувати пневматичні, гідравлічні або електричні гайковерти, відповідних розмірів торцеві і ріжкові гайкові ключі. Застопорені гайки і болти треба відкручувати тільки після видалення шплінтів, замкових шайб інших законтруючих пристосувань. Виняток являють гайки, застопорені, методом вдавлення потоншених країв у пази валів коробок передач або рульових механізмів автомобіля (ЗИЛ-130 та ін.); такі гайки відкручують ключем із подовженим важелем без попереднього випрямлення вдавленого краю гайки. Деякі різьбові з'єднання у складеному агрегаті або вузлі перебувають під дією додаткових навантажень, створюваних за рахунок пружних деформацій деталей. Наприклад, болти кріплення натискного диска до кожуха муфти зчеплення перебувають у напруженому стані під дією натискних пружин. Стрем'янки ресор і гайки, що кріплять їх, зазнають великих навантажень, спричинюваних пружністю ресор.

Розбирання таких з'єднань без попереднього розвантаження їх за допомогою механічних, гідравлічних або інших пристосувань чи пристроїв утруднене, небезпечне для працюючих, часто призводить до пошкодження деталей.

Недостатньо продуктивну роботу зрізування ножівкою або зрубунні зубилом болтів і шпильок з приржавілими гайками треба виконувати продуктивними методами, наприклад, з використанням газового різака або пневматичного пристрою з кусачкам, який дає можливість розкушувати гайки без пошкодження болта або шпильки.

Особливу увагу слід звертати на розбирання нерухомих і насамперед пресових з'єднань деталей.

Розбирати такі з'єднання необхідно з використанням пресів, гідравлічних або вібраційних ударних пристроїв. Під час випресовування деталі не повинні перекошуватись одна відносно одної. Якщо є можливість, краще випресовувати деталь у тому напрямі, в якому її запресовували під час складання вузла або агрегату.

В окремих випадках під час розбирання нерухомих з'єднань застосовують швидке нагрівання охоплюючої деталі, а охоплювану деталь при цьому оберігають від нагрівання за допомогою азбесту, мокрого ганчір'я або іншим способом.

Певну частину деталей машин, агрегатів і вузлів під час розбирання не можна розкомплектовувати і знеособлювати. До таких деталей належать насамперед кришки корінних підшипників, кришки шатунів, кожухи маховиків зчеплення, бортових передач (тракторів і автомобілів ряду марок). Ці й деякі інші деталі на заводах виготівниках піддають остаточній механічній обробці у складеному вигляді, а тому після знеособлення вони стають фактично непридатні. Не допускається розкомплектовувати корпус і кришку масляного насоса, шестірні масляного насоса, конічні шестірні ведучого вала реверса і первинного вала коробки передач.

Не рекомендується знеособлювати також парні шестірні, які взаємно припрацювалися і залишаються для дальшої роботи (розподільні, головної передачі). Взаємно збалансовані деталі (колінчасті вали, маховики, муфти зчеплення тощо) розкомплектовують тільки в тому разі, коли яка-небудь з них вийшла з ладу.

З метою розширення можливостей дальшого використання деталей машин, що розбираються, а також зниження загальної трудомісткості розбирально-складальних робіт деякі вузли, особливо з пресовими і гарячими посадками деталей, не розбирають на деталі. Наприклад, з допустимим спрацюванням підшипники (втулки) розподільного вала або з

граничним спрацюванням втулки із зменшеним ремонтним розміром внутрішнього діаметра, їй розподільний або інший вал установлюють з шийками збільшеного ремонтного або нормального розміру.

Важливою умовою збереження деталей є також правильно розроблена технологія їх транспортування між цехами і в цехах. Недодержання цієї технології часто призводить до появи на шліфованих та інших поверхнях деталей забоїн, деформацій, а в чавунних деталях навіть тріщин і відломів. Великі й важкі деталі треба переміщати підйомно-транспортними засобами з використанням захватів або правильно укладеними на візку; дрібні деталі й нормалі транспортують у дротяних корзинах.

Щоб запобігти пошкодженню різьб, практикують накручування гайок або захисних ковпачків.

Позірна простота виробничих процесів розбирання машин нерідко породжує серед частини працівників ремонтних підприємств недооцінку ролі розбиральних робіт, внаслідок чого у цехах розбирання найчастіше порушується технологічна дисципліна, не використовуються найбільш прийнятні інструменти, пристрої та устаткування, з'являється недбалість, що, негативно позначається на якості робіт і техніко-економічних показниках підприємства.

Для зменшення кількості вибракуваних деталей під час розбирання машин треба періодично контролювати стан технологічного і підйомно-транспортного устаткування і вживати заходів щодо відновлення його працездатності.

1.5. Контроль (дефектація) і сортування деталей і спряжень

Після розбирання машини очищені, знежирені і вимиті деталі (спряження) надходять на дільницю контролю і сортування. Поламані і з іншими очевидними вибракувальними ознаками деталі відправляють в утиль зразу ж після розбирання машин, агрегатів і вузлів (без очищення і миття).

Контроль і сортування деталей і спряжень - одна з основних і відповідальних ділянок кожного ремонтного підприємства. Більшість деталей і спряжень проходить контроль і сортування на ділянці контролю. Деякі з них контролюють безпосередньо на робочих місцях ремонту (прилади електрообладнання, паливна апаратура, шестеренчасті насоси, радіатори, ресори тощо).

Основна мета контролю і сортування - правильно визначити технічний стан деталей і спряжень, що залишаються без розбирання, і правильно розсортувати їх на групи. Залежно від видів, величин і характеру спрацювання та інших дефектів деталі поділяють на три основні групи:

- 1) придатні до дальшої експлуатації без ремонту;
- 2) такі, що підлягають ремонту;
- 3) вибракувані в утиль.

Проте в техніко-економічному відношенні доцільніше сортувати деталі не на три, а на п'ять груп:

- 1) цілком придатні (колір маркування - зелений);
- 2) придатні тільки в спряженнях з новими або відновленими до нормальних розмірів деталями (жовтий);
- 3) такі, що підлягають ремонту на даному ремонтному підприємстві (білий);
- 4) такі, що підлягають ремонту тільки на спеціалізованому ремонтному підприємстві (синій);
- 5) непридатні - утиль (червоний).

Технічні умови на контроль і сортування деталей і спряжень розробляють на основі дослідних і практичних матеріалів щодо спрацювань та інших дефектів деталей, а також залежно від способів ремонту і відновлення цих деталей.

У технічних умовах мають бути абсолютно чіткі ознаки бракованих деталей, допустимі для ремонту машин розміри, зазори й натяги деталей і спряжень, допустимі деформації, насамперед основних і базисних деталей,

допустимі зміни макро- і мікрогеометрії оброблених поверхонь деталей, які залишаються без ремонту, ремонтні розміри деталей.

При цьому слід мати на увазі, що технічні умови для деталей, придатних для дальшої експлуатації, мають найбільш стабільний характер. Складені з таких деталей і спряжень вузли й агрегати повинні надійно працювати при нормальній експлуатації до чергового ремонту машини, агрегату або вузла. Що ж до деталей, які підлягають ремонту і відновленню або направляються в утиль, технічні умови можна у певній мірі коригувати на робочому місці, на ремонтному підприємстві. Якщо ступінь оснащення заводу або майстерні досить високий, і вони засвоїли нові передові, перевірені практикою, методи ремонту й відновлення деталей або ці підприємства кооперуються з спеціальними майстернями заводами ремонту й відновлення деталей, групи деталей, що підлягають ремонту, й вибраковуванні, можна коректувати відповідно до технічних можливостей зазначених підприємств. Головним критерієм для зміни технічних умов є техніко-економічна доцільність: строк служби відремонтованих і відновлених деталей має бути більший або дорівнювати міжремонтному періоду машини чи агрегату, а вартість (питома) їх експлуатації не повинна перевищувати цієї вартості у нових однойменних деталях.

Під час контролю деталей і спряжень доводиться мати справу з найрізноманітнішими видами їх спрацювань, деформацій та інших дефектів. Існуючі технічні умови і практика контролю і сортування деталей передбачають проведення близько половини всіх контрольних операцій способом зовнішнього огляду. Для інших контрольних операцій застосовують як стандартні вимірювальні й контрольні засоби, так і спеціальні стенди, пристрої, прилади та інструменти. Тому персонал працівників технічного контролю ремонтних підприємств має бути технічно грамотний, висококваліфікований і досвідчений, здатний дати правильну оцінку стану тієї чи іншої деталі і спряження, правильно визначити, до якої групи слід віднести деталь, і, нарешті, правильно аналізувати причини і місце

виникнення тих чи інших пошкоджень деталей. Останнє потрібно насамперед для ліквідації пошкоджень деталей під час розбирання, очищення і миття машин, агрегатів, вузлів.

Контрольні операції визначення величин і характеру спрацювання, деформацій і різних зовнішніх дефектів деталей провадять, головним чином, способом зовнішнього огляду і за допомогою вимірювальних інструментів, приладів та пристроїв. При цьому слід мати на увазі, що всі допустимі й граничні розміри, зазори, натяги та інші відповідні цифрові показники стосуються місць найбільшого спрацювання, деформацій та інших дефектів.

Для виявлення прихованих дефектів - мікротріщин і внутрішніх раковин, структурних змін матеріалу деталей, хімічних спрацювань - застосовують спеціальні прилади і відповідне устаткування.

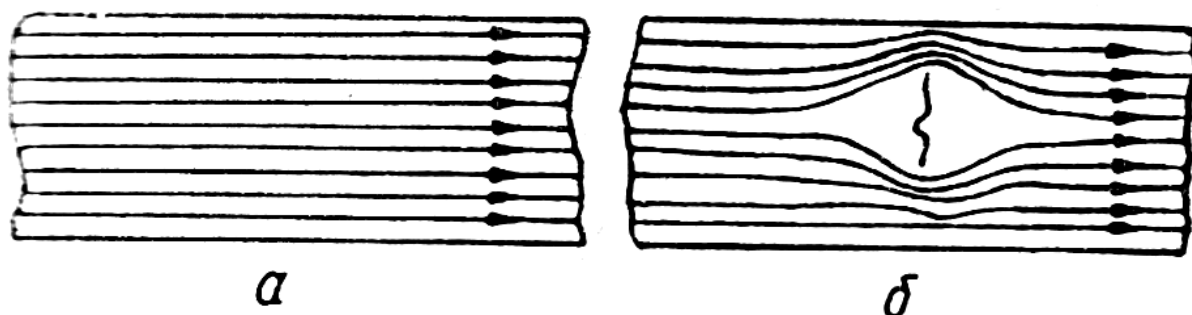


Рис. 1.1. Схема магнітних силових ліній у сталій або чавунній деталі:
а - при відсутності дефектів; б - при наявності тріщини.

Контроль деформацій і прихованих дефектів особливо потрібний для перевірки базисних і основних деталей машин, відповідальних деталей двигунів тракторів, автомобілів і самохідних комбайнів, які працюють в умовах знакозмінних навантажень. До таких деталей належать головки і блоки циліндрів; корпуси коробок передач, редукторів і задніх мостів; рами і напіврами; колінчасті вали; шатуни; клапани тощо. Особливу увагу слід звертати на контроль дефектів у деталях, робота яких пов'язана з безпекою та відповідальністю використання машини - рухом, оранкою, сівбою, збиранням

врожаю (наприклад, поворотні кулаки, кульові пальці рульового керування, карданні передачі, деталі механізмів керування бортовими фрикціонами і гальмами).

За допомогою спеціальних стендів, пристроїв і приладів перевіряють водяні сорочки головки і блока циліндрів та радіатори на герметичність, контролюють якість роботи паливних насосів, форсунок, жиклерів карбюраторів, гідронасосів, електрообладнання тощо.

Контроль деталей починають з їх зовнішнього огляду, при якому визначають такі дефекти, як тріщини, пробоїни, задирки, обломи, поломки і явне механічне та корозійне спрацювання. При цьому користуються простими вимірювальними і контрольними засобами, простими і бінокулярними лупами.

Для виявлення внутрішніх тріщин, волосовин, раковин та інших прихованих дефектів (звичайно у відповідальних деталях машин) застосовують головним чином магнітну дефектоскопію. Суть методу магнітної дефектоскопії полягає ось у чому. Якщо через контрольовану сталю, чавунну або іншу деталь, яка намагнічується, пропустити магнітний потік, то при наявності в ній тріщини магнітна проникність її по перерізу буде неоднакова, внаслідок чого зміняться напрям і величина магнітного потоку. Виникає місцевий магнітний потік розсіювання, а на кінцях тріщини - магнітні полюси (північний і південний). Після того як зовнішнє намагнічуюче поле знято, зазначені полюси утворюють біля тріщини своє магнітне поле, яке і реєструється при дефектоскопії.

Серед різних способів реєстрації такого магнітного поля найбільшого поширення набув метод магнітного порошку, який дає можливість контролювати деталі різної форми і розмірів.

Намагнічену деталь вкривають феромагнітним порошком звичайно у вигляді прожареного окису заліза (крокусу) або обливають деталь гасом чи трансформаторним маслом, в яких у завислому стані міститься

дрібнодисперсний порошок окису заліза в пропорції: 1 частина порошку на 30 - 50 частин рідини.

Контрольовану деталь можна також занурювати на 1 - 2 хв. у суспензію; при цьому частинки магнітного порошку у вигляді переривчастих ліній осідають у місцях місцевого магнітного поля, досить чітко виділяючи контури дефекту (рис. 1.2).

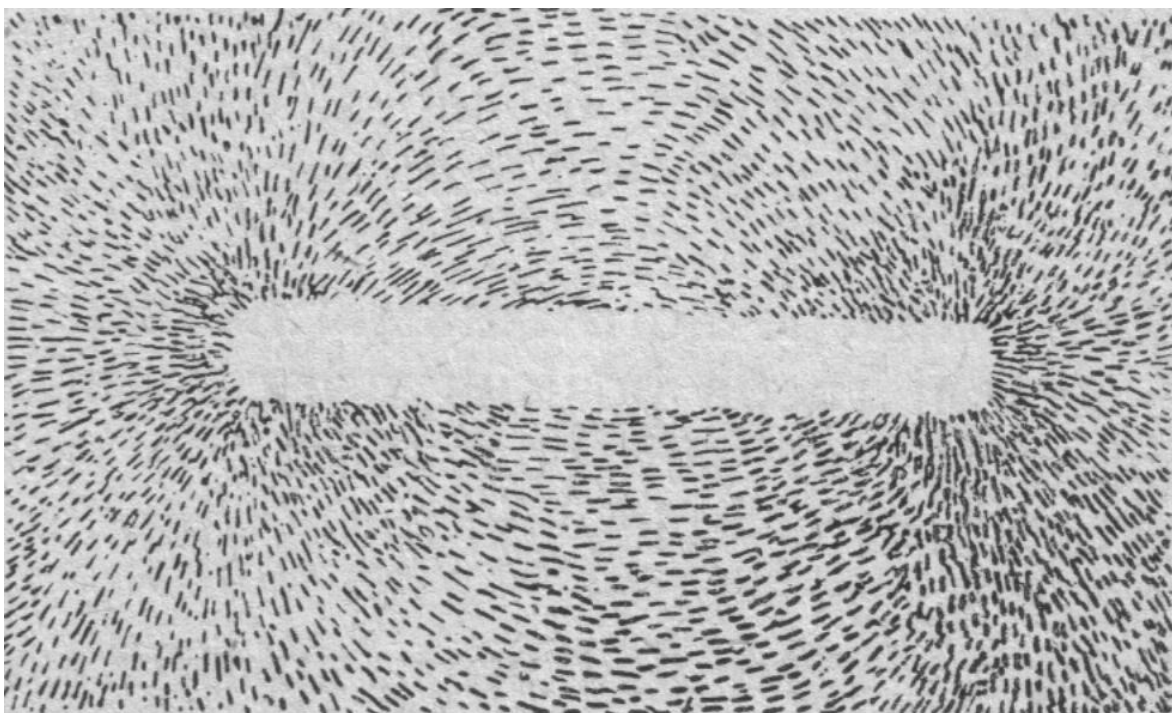


Рис. 1.2. Розміщення феромагнітного порошку навколо тріщини під дією магнітного поля

Для виявлення поперечних тріщин провадять поздовжнє намагнічування (рис. 1.3, а), а для виявлення поздовжніх - циркулярне (рис. 1.3, б). При комбінованому намагнічуванні (поздовжньому й циркулярному) виявляють дефекти (тріщини, раковини) будь-якого розташування (поперечні, поздовжні і косо розміщені) за один прийом намагнічування.

Деталі, які піддавались магнітній дефектоскопії, підлягають розмагнічуванню на спеціальному приладі - демагнітизатори.

Намагнічування і розмагнічування деталей машин, а також перевірку наявності в них тріщин, раковин і шлакових включень роблять на магнітних дефектоскопах.

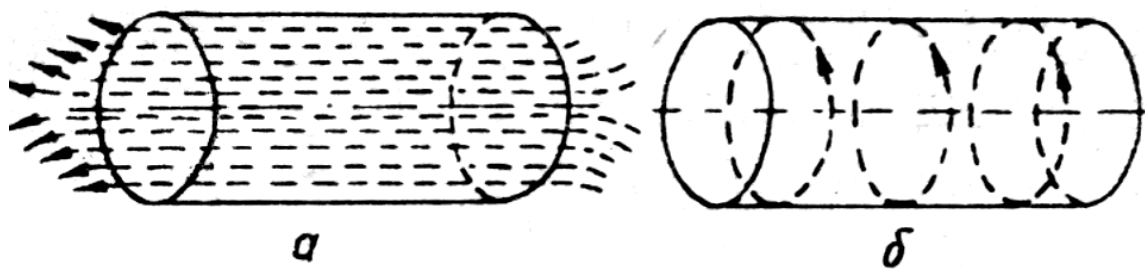


Рис. 1.3. Напрямок магнітних силових ліній у деталях:

а - поздовжнє намагнічування; б - циркулярне намагнічування

До основних вузлів дефектоскопа належать корпус (каркас), силова частина, прилади і намагнічувальний пристрій.

Розмагнічування деталі відбувається під час виведення її із соленоїда або при плавному зменшенні до нуля намагнічувального струму автотрансформатором.

Струм, необхідний для намагнічування деталі, визначають з такого виразу:

$$I = (160-170)D a,$$

де D - діаметр деталі, *см*.

Для намагнічування частини деталі, наприклад шийки колінчастого вала, використовують виносні контакти. У цьому випадку провід мікровимикача виносних контактів вмикають у розетку дефектоскопа. Виносні контакти щільно притискують до щік вала, розміщуючи їх вздовж осі шийки.

Щоб виявити поперечні тріщини, вмикають мікровимикач і намагнічують шийку протягом 20 - 30 сек.

Потужність, яку споживає дефектоскоп, становить 7,5 кВт. Намагнічувальний струм досягає 1500 А.

Крім магнітного, застосовують також ультразвуковий (рис. 1.4) і флуоресцентний методи дефектоскопії.

Суть ультразвукової дефектоскопії полягає в тому, що межі розділення двох середовищ (повітря - метал) відбивають ультразвукові коливання.

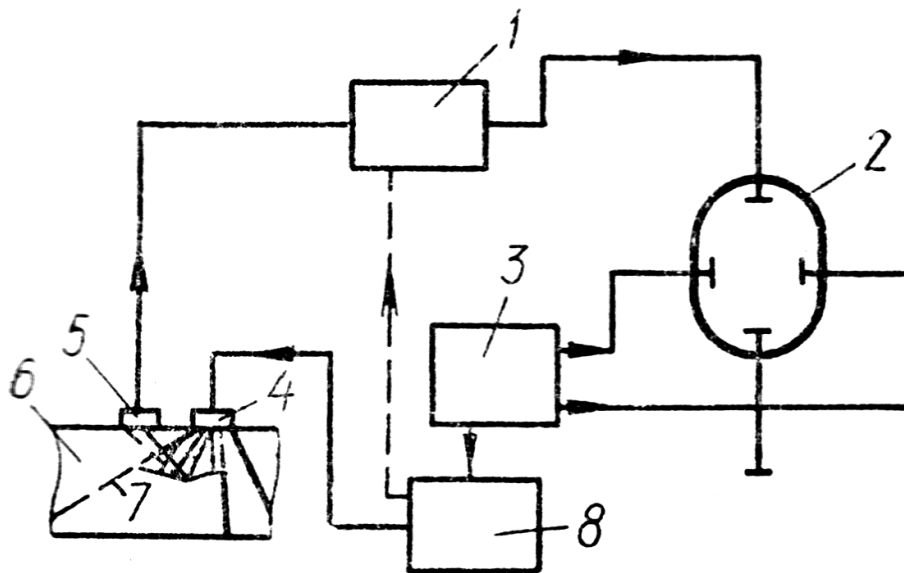


Рис. 1.4. Принципова схема імпульсного ультразвукового дефектоскопа і щупів:

- 1 - підсилювач; 2 - електронно-променева трубка;
 3 - генератор розгортки; 4 - коливна кварцова платівка (п'єзокристал);
 5 - кварцова платівка, що сприймає ультразвукові коливання; 6 - деталь;
 7 - дефект (тріщина); 8-генератор коливань (імпульсів)

Суть методу флуоресцентної дефектоскопії полягає у проникненні флуоресціюючої рідини (1 частина трансформаторного масла, 2 частини гасу і 1 частина бензину з добавкою 0,3% барвника - дефектолю) у тріщину, що виходить назовні і при опромінюванні ультрафіолетовим промінням (ртутно-кварцеві лампи) світиться яскравим жовто-зеленим світлом.

Ультразвуковий і флуоресцентний методи дефектоскопії придатні як для феромагнітних матеріалів (сталь, чавун), так і для кольорових металів (алюмінієві сплави, бронза).

Після зовнішнього огляду і виявлення прихованих дефектів деталей проводять мікрометраж їхніх геометричних розмірів.

Величину спрацювання деталі визначають, як зазначалося раніше, у місці найінтенсивнішого спрацювання її поверхні. Зокрема на гільзі циліндра таким місцем є внутрішня поверхня, що стикається з верхнім і рідше другим компресійним кільцем при положенні поршня у в. м. т. Для визначення

овальності гільзу вимірюють у двох взаємно перпендикулярних площинах, що проходять через поперечну й поздовжню осі циліндрів двигуна. Конусність гільзи визначають вимірюванням внутрішньої поверхні у двох і більше місцях по її довжині теж у двох взаємно перпендикулярних площинах.

Максимальне спрацювання верхньої частини внутрішньої поверхні гільзи циліндра має місце внаслідок дуже несприятливих умов роботи верхніх компресійних кілець, коли поршень знаходиться у в. м. т.: висока температура, недостатнє мащення і змінний напрям руху. Овальність гільзи є наслідком інтенсивнішого спрацювання внутрішньої поверхні її в поперечній площині двигуна під дією горизонтальної складової сили, що діє у кривошипно-шатунному механізмі. Нерідко проте велика вісь овалу гільзи розміщується не в поперечній, а в поздовжній площині двигуна, що має місце при складанні кривошипно-шатунного механізму з перекосом, а також внаслідок пружних деформацій колінчастого вала і опор його корінних підшипників у працюючому двигуні.

Максимальне спрацювання шийки колінчастого вала відбувається в площині прилеглих до неї щік внаслідок незрівноважених відцентрових сил інерції обертових мас; спрацювання поршневих пальців і бобишок поршнів - у площині зворотно-поступального руху мас деталей шатунно-поршневої групи внаслідок їх незрівноважених сил інерції.

Шийки колінчастого вала, поршневі пальці, поршневі кільця, зовнішні циліндричні, конусні й овальні поверхні поршнів, шийки й кулачки розподільних валів, діаметри штовхачів, стержнів і тарілок клапанів, діаметри втулок, діаметри валів муфт зчеплення, коробок передач, задніх мостів, редукторів, бортових передач і багато інших оброблених валів, цапф, осей вимірюють мікрометрами відповідних діапазонів вимірювань: 0 - 25, 25 - 50, 50 - 75, 75 - 100, 100 - 150 мм і більше.

Для вимірювання гільз циліндрів застосовують, як правило, індикаторні нутроміри з діапазоном вимірювань 50 - 100 і 100 - 150 мм, краще ті, в яких є мікрометричні пристрої.

Поверхні отворів бобишок поршнів, втулок верхніх головок шатунів, напрямних втулок клапанів, шатунних і корінних підшипників та їх гнізд (у складеному вигляді, з нормально затягнутими болтами і шпильками) й отворів інших деталей вимірюють індикаторними нутромірами відповідних діапазонів: 6-10, 10-18, 18-35, 35- 50, 50-100 і рідше 100-150 мм.

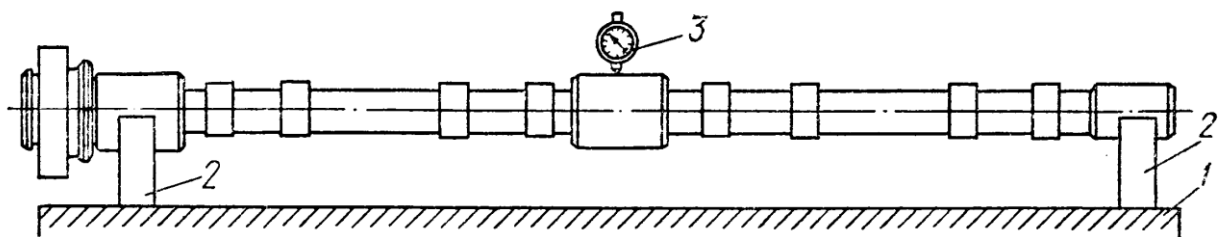


Рис. 1.5. Схема перевірки биття середньої шийки розподільного вала двигуна відносно крайніх шийок:

1 - перевірна плита; 2 - призми; 3 - індикаторна головка (на штативі)

Шліци валів коробок передач, карданних валів, інших валів трансмісії і ходової частини тракторів та автомобілів, багато валів комбайнів та інших сільськогосподарських машин вимірюють прецизійними, а також простими штангенциркулями.

Колінчасті, розподільні та інші вали: перевіряють також для виявлення взаємного биття (прогину) шийок і (рис. 1.5), шарикові й роликові підшипники - для виявлення радіальних і осьових зазорів (рис. 1.6); клапанні та інші пружини - для визначення їхніх довжин і пружностей.

Корпусні базисні деталі оглядають зовні, вимірюють місця спрацювання, а також перевіряють на деформації і взаємне розміщення посадочних (базових) і привалкових поверхонь.

Головки і блоки циліндрів, радіатори і ряд інших деталей машин піддають гідравлічним і рідше пневматичним випробуванням на герметичність.

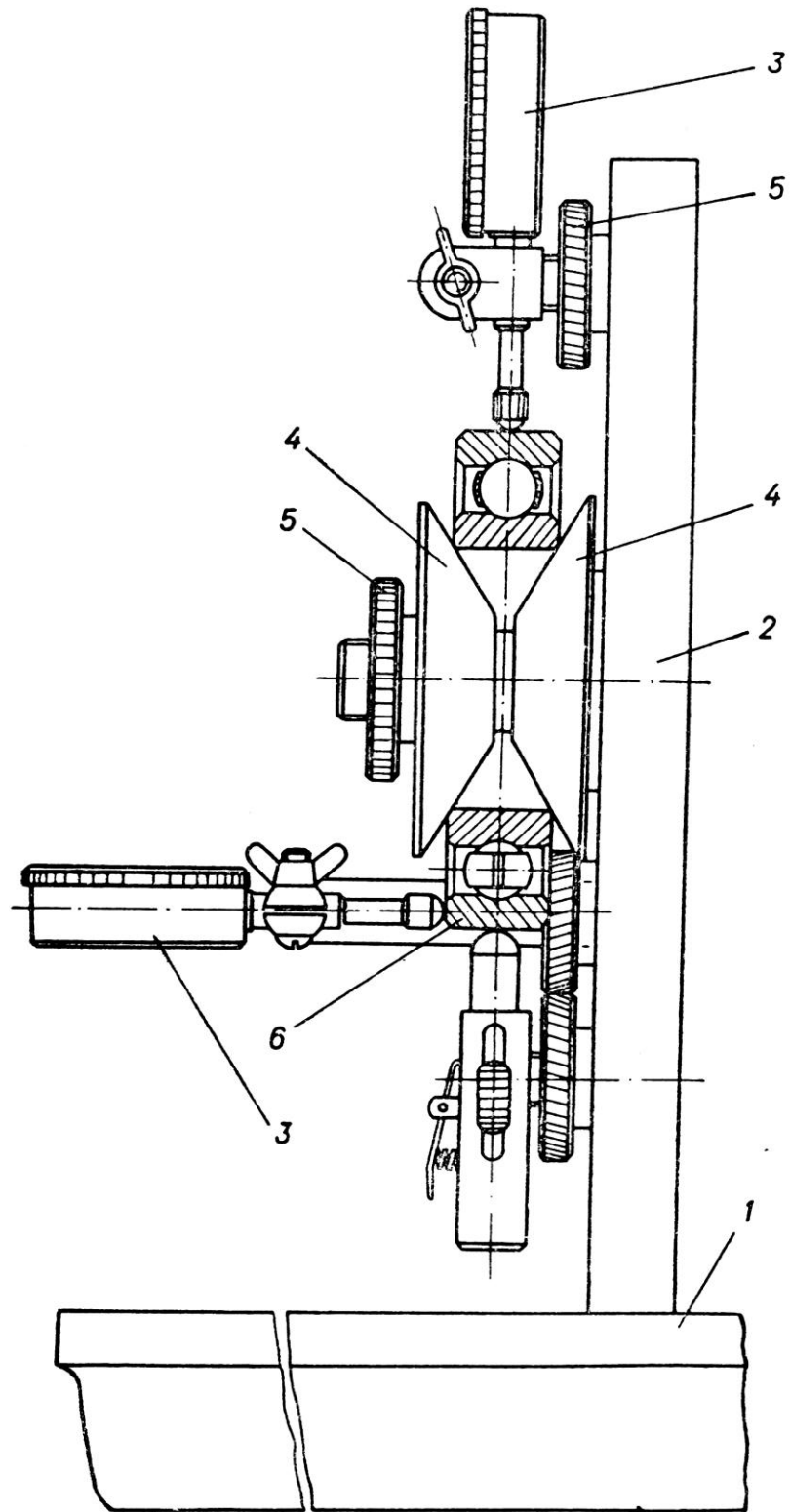


Рис.1.6. Схема вимірювання радіального і осьового зазорів (люфту) шарикового підшипника:

- 1 - плита; 2 - стояк; 3 - індикаторні головки; 4 - конуси;
 5 - затискні гайки; 6 - шариковий підшипник

На основі зовнішнього огляду, відомостей про приховані дефекти, мікрометражу і випробування деталей у відповідності з технічними умовами на контроль і сортування визначають, до якої групи треба віднести кожну деталь і яким кольором її позначити.

Результати контролю і сортування по кожній назві деталей (і спряжень) заносять у дефектаційні відомості. Форми таких відомостей заготовляють на всі агрегати і вузли трактора, автомобіля або комбайна. Один бланк відомості звичайно заповнюють на кілька комплектів даного агрегату чи вузла, наприклад на всі розібрані у даній зміні двигуни. У дефектаційних відомостях проставляють кількість придатних деталей кожної назви і групи, кількість деталей, що підлягають ремонту (і його вид), і кількість деталей непридатних, які відправляють на склад утилю.

Перша частина відомості, де перелічують всі деталі, що пройшли контроль, їх номери за каталогом і результати контролю, є основною.

Друга, в якій зазначено назву і кількість придатних деталей, надходить до комплектувального відділення. Поряд з документами на нові, відремонтовані й відновлені деталі ця відомість є підставою для обліку придатних деталей.

Третя частина відомості, в якій зазначено назву і кількість деталей, що потребують ремонту і відновлення, разом з деталями надходить на склад деталей, які чекають на ремонт, і теж є підставою для їх обліку.

Четверта частина відомості, в якій зазначено назву і кількість непридатних деталей, надходить разом з деталями на склад утилю. При цьому вільний доступ на цей склад має бути виключений, бо інакше вибракувані деталі можуть бути використані неправильно і не буде виключена можливість надходження їх на складання, що спричинить різке зниження якості ремонту машин.

Дефектаційні відомості є не тільки документами обліку і звітності, а й техніко-економічними первинними матеріалами, які дають можливість на

основі їх статистичної обробки визначати коефіцієнти заміни й ремонту деталей, поліпшувати планування і технологію ремонту машин.

Коефіцієнт заміни деталей - це відношення (у процентах) кількості непридатних деталей до кількості всіх деталей даної назви у більшій чи меншій партії однотипних агрегатів або вузлів (наприклад, в 10, 50, 100 агрегатах або вузлах):

$$K_z = \frac{n}{N} \cdot 100\%,$$

де n - кількість непридатних деталей у партії, шт.;

N - загальна кількість деталей даної назви у партії, шт.

Коефіцієнт ремонту деталей - це відношення кількості деталей, що підлягають ремонту (відновленню), до загальної кількості деталей даної назви в партії:

$$K_p = \frac{m}{N} \cdot 100\%,$$

де m - кількість деталей, що підлягають ремонту, шт.;

N - загальна кількість деталей даної назви в партії, шт.

Коефіцієнти заміни і ремонту деталей є вихідними даними для проектування нових повнокомплектних і спеціалізованих ремонтних підприємств, а також використовуються для розрахунків виробничої діяльності діючих майстерень і заводів ремонту машин і деталей.

На ремонтних підприємствах тепер застосовують як *подефектну технологію* ремонту деталей, так і *маршрутну технологію*.

Суть подефектної технології полягає в тому, що карти технологічного процесу складають на усунення кожного дефекту зокрема.

Комплектування (нагромадження) деталей у партії для запуску у виробництво відбувається за назвами деталей без урахування наявності в них тих або інших однотипних дефектів. При цьому запусцену у виробництво партію деталей у процесі відновлення і ремонту розбивають на окремі групи деталей, які потребують виконання однотипних операцій у різних дільницях

цеху. Внаслідок цього деталі виходять з ремонту нерівномірно. Ті з них, що потребують більшого обсягу ремонтно-відновлювальних робіт, затримуються, особливо біля складного устаткування, оскільки настроювання його доцільне для обробки не однієї-двох деталей, а значно більшої кількості. При такій технології важко визначати обсяг і планувати роботу по відновленню і окремих видах слюсарно-механічної та інших способів обробки ремонттованих деталей.

Застосування *маршрутної технології* відновлення і ремонту деталей веде до усунення значної кількості недоліків, властивих виробничому процесу з застосуванням подефектної технології.

Суть маршрутної технології полягає в комплектуванні партії деталей не тільки за однією назвою, а й за наявністю в них однакових комбінацій дефектів. Технологічний процес розробляють для усунення не кожного дефекту зокрема, а комплексу дефектів. Партія деталей з певним комплексом дефектів становить окремий маршрут, якому властивий певний комплексний технологічний процес усунення цих дефектів. Типові технологічні процеси відновлення і ремонту деталей певного маршруту передбачають оптимальну послідовність виконання операцій як по кожному, так і по групі дефектів, що входять до складу маршруту.

Завданням контролерів при цій технології є, крім всього іншого, ще й визначення для кожної деталі, що потребує ремонту і відновлення, певного маршруту.

Таким чином, при маршрутній технології партія деталей зберігається з моменту виходу її із складу і до приймання у відділі технічного контролю. Послідовність операції технологічного процесу є єдиною для всіх деталей даного маршруту. При цьому спрощується облік ремонтного фонду на складі деталей, які чекають ремонту, і підвищується якість планування, оскільки деталі, що є на складі, облічують не тільки кількісно, а й якісно - за їх технічним станом. Це дає можливість у будь-який момент визначити обсяг робіт, потрібний для відновлення і ремонту деталей.

Недоліком організації виробничого процесу ремонту і відновлення деталей за маршрутною технологією є необхідність організації технологічної лінії для кожного маршруту деталей, кількість яких, особливо при повнокомплектному ремонті машин, може бути дуже велика. Наприклад, для деталей однієї й тієї самої назви з п'ятьма дефектами теоретична кількість маршрутів дорівнює 15 (але практично їх значно менше). Досконалішою формою цієї технології є *маршрутно-групова*, яка передбачає обробку на одній потоковій лінії деталей кількох назв, які характеризуються однорідністю прийомів відновлення і геометрією оброблюваних поверхонь.

Маршрутно-групова технологія сприяє збільшенню партії оброблювальних деталей, що підвищує можливість механізації і автоматизації технологічних процесів.

1.6. Ремонт і відновлення деталей і спряжень

Для відновлення роботоздатності спрацьованих деталей і спряжень відновлюють їхні початкові (нормальні) розміри, а при зміні спряжених розмірів - початковий характер спряжень (посадки). Первинні параметри спряжень забезпечують шляхом заміни або відновлення деталей, застосуванням ремонтних розмірів деталей спряжень, регулюванням спряжень.

Початкові розміри деталей відновлюють нарощуванням спрацьованих поверхонь різними методами: застосуванням додаткових деталей, заливанням спрацьованого антифрикційного сплаву чи металу, зміною структури матеріалу, нанесенням шарів з полімерних матеріалів. Розміри спряжених поверхонь деталей відновлюють також методом пластичного деформування. При цьому змінюються інші розміри деталей.

До найпоширеніших методів нарощування спрацьованих поверхонь деталей належать: наплавлення за допомогою електричного струму (електронаплавлення), гальванічні покриття, електроерозійне нарощування, металізація, пере заливання антифрикційного сплаву, паяння. Додаткові

деталі (кільця, втулки, гільзи, пластини) встановлюють на спрацьовані циліндричні, конічні і плоскі поверхні деталей. До структурних перетворень металів, які спричинюють зміну об'єму, можна віднести збільшення розмірів деталей з перлітного чавуну при його феритизації, зменшення розмірів чавунних і сталевих деталей при переході пластинчастого перліту в сфероїдальний, зміна об'ємів різних структур гартованих деталей.

Як полімерні матеріали для нанесення на спрацьовані поверхні деталей застосовують клейові композиції на основі епоксидних смол (ЄД-5, ЄД-6, Є-40).

Для відновлення роботоздатності великогабаритних деталей нерідко застосовують так званий «спосіб заміни частини деталі», який полягає в тому, що спрацьовану частину деталі відрізають, а замість неї виготовляють нову частину, яку з'єднують з основною деталлю зварюванням, на різьбі або іншим надійним способом.

Необхідної якості відновлених поверхневих шарів деталей досягають застосуванням відповідних матеріалів покриттів і присадного матеріалу, термічною обробкою тощо.

Відновлення початкового характеру спряжень (посадок) із зміною номінальних розмірів ґрунтується на застосуванні ремонтних розмірів деталей. Одну з двох спряжених деталей (дорожчу або більш дефіцитну) піддають механічній обробці під ремонтний розмір, а другу заміняють новою відповідного ремонтного розміру.

Роботоздатність деталей, що мають тріщини, обломи, зломи, деформації та інші дефекти, відновлюють електричним і газовим зварюванням і наплавленням, заливанням полімерними матеріалами, правкою, механічною і слюсарною обробкою або іншими способами.

1.7. Комплектування, балансування, складання, обкатування і випробування вузлів, агрегатів і машин

Основне завдання комплектування полягає в забезпеченні правильного характеру спряжень деталей з рухомими і нерухомими посадками при мінімальному обсязі робіт, пов'язаних з підгонкою під час складання вузлів і агрегатів. До завдання комплектування входить також підбір комплектів деталей для ряду механізмів за вагою з метою зменшення незрівноважених сил інерції працюючого агрегату (машини). У кожному вузлі й агрегаті має бути повний комплект деталей, що також є функцією комплектувального відділення.

Вузли й агрегати комплектують з придатних деталей трьох груп: тих, що були в роботі і не ремонтувались (не відновлювались), відремонтованих (відновлених) і нових. Тому не всі зазори й натяги спряжених деталей видержують у розмірах, що дорівнюють нормальним (початковим), але в усіх випадках вони не можуть бути менш жорсткі, ніж допустимі при ремонті.

Хоч принцип взаємозамінності деталей у ремонтній практиці застосовується дуже широко, в ряді випадків виявляється доцільним підбирати спряжені деталі для досягнення оптимального характеру спряжень (посадок). Як правило, підбирають поршні по циліндрах (за допомогою стрічкового щупа), поршневі кільця - по циліндрах (зазор у замку і просвіт) і по канавках поршня (зазор по висоті), поршневі пальці - по втулках у верхніх головках шатунів і по бобишках поршнів, шестірні розподільного механізму - по величинах зазорів між зубцями.

Як приклади виконання приганяльних робіт можуть бути: розвертання спрацьованих поверхонь отворів корпусних деталей під установочні штифти (збільшених ремонтних розмірів); розвертання спрацьованих втулок зменшених ремонтних розмірів під збільшені ремонтні або нормальні розміри пальців, валів, цапф, осей; підгонка (припилювання) поршневих кілець у стиках для забезпечення нормальних зазорів у замках.

Надійність і довговічність машин у значній мірі залежать від величини вібрацій деталей, що обертаються з великими швидкостями (колінчасті й карданні вали, маховики, шківни, диски муфт зчеплення, колеса, барабани тощо), які є наслідком незрівноваженості.

Для усунення незбалансованості деталей їх під час механічної обробки або складання балансують.

Застосовують статичне й динамічне балансування.

Статичним балансуванням усувають незрівноваженість, викликану зміщенням центра ваги від осі обертання деталі. Такий спосіб балансування застосовують тоді, коли деталі короткі, але мають відносно великі діаметри (шківни, маховики, диски муфт зчеплення).

Для деталей, довжина яких значно перевищує діаметр (колінчасті й карданні вали, барабани комбайнів тощо), застосовують *динамічне балансування*. Для такого балансування деталей є спеціальні стенди та балансувальні машини.

Практика роботи ряду передових ремонтних підприємств показує, що комплектувати деталі краще не по агрегатах, а по вузлах. При цьому рівномірніше завантажені комплектувальники і обслуговувані ними складальники, особливо при затримках у подаванні на комплектування тих чи інших деталей. В цьому випадку при порушенні комплектності одних вузлів можна комплектувати і складати без затримок інші вузли. Нормальні й дрібні деталі (болти, гайки, шайби, шплінти, прокладки, пробки) виділяють з комплектів агрегатів і передають на складання великими партіями, створюючи заділ на тижневу програму і більше.

Тепер на великих ремонтних підприємствах прагнуть виконувати приганяльні роботи більше у комплектувальних відділеннях, де є кращі можливості для впорядкування і зведення до мінімуму цих робіт. В той же час це звільняє складальників від виконання не властивих їм підганяльних робіт, що підвищує продуктивність праці і поліпшує якість складання.

Загальний технологічний принцип складальних робіт полягає в тому, що спочатку складають зчленування (підгрупи) з деталей, потім вузли (групи) із зчленувань і деталей, далі агрегати з вузлів, зчленувань і деталей і, нарешті, машину з агрегатів, вузлів, зчленувань і деталей.

Окремі деталі, точне взаємне розташування яких не забезпечується під час виготовлення (або ремонту), треба додатково обробляти у складеному вигляді. Деталі, невзаємозамінні за умовами виготовлення, припрацювання або ремонту, складають нерозкомплектованими парами за відповідними мітками, нанесеними під час виготовлення, розбирання або ремонту.

Самостійні вузли й агрегати (масляні і паливні насоси, карбюратори і паливна апаратура, електрообладнання, двигуни, коробки передач і задні мости, гальма і гідропідйомники), які треба обкатувати і випробовувати, повинні пройти ці контрольні операції до загального складання машини.

Складання після ремонту має здійснюватись у відповідності з типовою технологією складання підгруп, вузлів, агрегатів і машин відповідних марок.

Складену машину обкатують спочатку на ремонтному підприємстві, а потім після здавання-приймання - у господарстві відповідно до розроблених і затверджених правил. Усі трактори, автомобілі, комбайни та їх агрегати, що пройшли капітальний ремонт, мають бути пофарбовані масло- і корозостійкими фарбами (бажано кольору, який вони мали раніше).

Способи і загальні технологічні процеси ремонту та відновлення деталей і спряжень.

Для ремонту і відновлення деталей машин застосовують механічну і слюсарну обробку, зварювання і наплавлення, нанесення полімерних матеріалів, структурні зміни металів, пластичне деформування, заливання і паяння, гальванічні покриття, електроерозійну обробку, металізацію, а також відновлення спряжень регулюванням.

1.8. Механічна і слюсарна обробка

Механічну і слюсарну обробки використовують як самостійні технологічні процеси ремонту деталей: обробка до ремонтних і нормальних розмірів, встановлення додаткових деталей, обробка інформованих (пожолоблених) і з місцевим спрацюванням поверхонь, нарізування різьб, накладання латок, заклепування і встановлення штифтів; а також як допоміжні технологічні процеси відновлення деталей: підготовка до зварювання і усунення дефектів за допомогою полімерних матеріалів, підготовка до гальванічних та інших покриттів, а також обробка після відновлення. За допомогою механічної і слюсарної обробок відновлюють необхідну площинність спрацьованих і деформованих приваркових поверхонь, взаємну паралельність або перпендикулярність поверхонь, загальну співвісність отворів (оброблюваних при виготовленні «в лінію») і паралельність спільних осей суміжних отворів (звичайно корпусних деталей).

У процесі ремонту і відновлення деталей загалом застосовують ті самі види й режими механічної обробки, що й під час їх виготовлення. Проте в ремонтному виробництві виникають свої специфічні труднощі, які часто істотно впливають на якість і продуктивність механічної обробки.

Під час механічної обробки деталей дуже важливо правильно вибрати базові (установочні) поверхні, які визначають потрібне взаємне розташування посадочних і привалкових поверхонь деталі. Взагалі треба прагнути, щоб цими поверхнями були ті, які були при виготовленні деталей. Але цього не завжди вдається досягти з ряду причин: поверхні, які були базовими при виготовленні, спрацьовані, пожолоблені або мають інші пошкодження; нерідко базові поверхні після виготовлення деталей видалені. У таких випадках, вибираючи установочні поверхні, звичайно орієнтуються на неспрацьовані оброблені поверхні деталей, виправляють попередні або створюють нові базові поверхні.

Внаслідок нерівномірного спрацювання поверхонь і порушення співвісності оброблених при виготовленні в «лінію» поверхонь, припуск на

обробку деталі під час ремонту часто має змінну по периметру величину. Змінної товщини шар металу знімають також під час розточування поверхонь отворів з паралельно розташованими осями, коли після спрацювання або деформації деталі паралельність осей порушена.

Нерідко механічній і слюсарній обробкам піддають деталі з високою твердістю оброблюваних поверхонь.

Відносно велика різноманітність форм, розмірів і матеріалів деталей, що підлягають обробці, при обмеженій номенклатурі універсального і спеціального устаткування веде до необхідності пристосовувати це устаткування для обробки різних деталей, у тому числі встановлювати устаткування безпосередньо на деталі (переважно на великогабаритних і важких).

Для підвищення продуктивності насамперед підготовчої праці і поліпшення якості механічної і слюсарної обробок у ремонтному виробництві широко застосовують технологічні і контрольні пристрої, кондуктори тощо.

Обробка до ремонтних і нормальних розмірів. Під час обробки деталей до ремонтних розмірів встановлюють початкові геометричні форми і шорсткість поверхонь, але при цьому змінюють їх попередні розміри. Частина ремонтних розмірів встановлено заздалегідь і за ними промисловість виготовляє запасні деталі відповідних розмірів: поршні, вкладиші корінних і шатунних підшипників колінчастого вала, поршневі пальці, клапани. Багато які ремонтні розміри заздалегідь не встановлюють, і тоді спрацьовані або пошкоджені поверхні невибракуваних деталей обробляють до виведення слідів спрацювання або інших дефектів. При цьому поверхні спряжених деталей обробляють «по місцю», додержуючи початкового характеру посадок.

У відповідальних спряженнях машин ремонтні розміри ряду однойменних деталей видержують однаковими, наприклад, розміри поршнів

одного двигуна, шатунних і корінних вкладишів колінчастого вала, поршневих пальців.

Відновлення спряжень деталей способом обробки їх до ремонтних розмірів застосовують дуже широко. При цьому, як правило, досягають високої якості відремонтованих деталей при високій продуктивності праці. Недоліком цього способу є необхідністю заміни однієї із спряжених деталей і можливість підвищення інтенсивності спрацювання неодноразово оброблених до ремонтних розмірів деталей.

Посадки ряду спряжень деталей відновлюють обробкою спрацьованих поверхонь до нормальних розмірів. Наприклад, блоки циліндрів з рознімними опорами корінних підшипників колінчастих валів, у яких гранично спрацьовані поверхні отворів під вкладиші або порушена співвісність цих отворів, ремонтують розточуванням поверхонь отворів до нормальних розмірів.

Для цього з торців кришок корінних підшипників, які прилягають до горизонтальних площин виїмок у блоці циліндрів, знімають певний шар металу (припуск). Величину припуску визначають за найбільшою величиною радіального спрацювання внутрішніх поверхонь опор корінних підшипників (кришки й виточки в блоці), найбільшою величиною взаємної неспіввісності отворів корінних опор і найменшим технологічним припуском для обробки поверхні блока. Профрезовані або простругані кришки корінних підшипників установлюють потім у блок циліндрів, і гайки шпильок або болти підшипників затягують з нормальним зусиллям. При зміщенні спільної осі опор корінних підшипників внаслідок спрацювання і жолоблення блоків циліндрів тракторних і комбайнових двигунів до 0,2 мм і автомобільних двигунів до 0,1 мм підшипники розподільних валів не розточують. Проте при цьому забезпечують встановлену паралельність спільних осей опор колінчастого и розподільного валів, а також привалкової до головки циліндрів поверхні блока.

Якщо треба розточувати в блоці циліндрів поверхні підшипників колінчастого й розподільного валів, застосовують спеціальні двошпindelні розточні верстати для одночасного розточування опор підшипників обох валів. Базування блоків циліндрів тоді здійснюють по верхніх привалкових до головок циліндрів поверхнях.

Можна також розточувати до нормальних розмірів спрацьовані поверхні рознімних опор валів у корпусах задніх мостів тракторів ряду марок та інші рознімні спряження.

Гранично спрацьовані поверхні отворів під установочні штифти розвертають до збільшених ремонтних розмірів одночасно (спільно) в обох спряжених деталях. Встановлений характер спряження штифта з отворами обох деталей забезпечують додатковою обробкою однієї з них після роз'єднання. В інших випадках, обробляючи поверхні отворів під штифти, видержують із заданою точністю координати їх осей відносно осей інших установочних отворів або базових поверхонь. При цьому спрацьовані отвори розточують під пробки, в яких після встановлення просвердлюють і розвертають отвори до нормальних розмірів.

Встановлення додаткових деталей або заміна частини деталі.
Гранично спрацьовані й деформовані поверхні корпусних базисних і основних деталей під зовнішні кільця шарикових і роликкових підшипників розточують з діаметральним припуском, який дорівнює 5 – 6 мм. З товстостінних сталей туб відповідних діаметрів або інших заготовок виготовляють кільця (втулки) для розточених отворів. Якість поверхонь розточених отворів не повинна бути нижча від 6 класу шорсткості а обточених або шліфованих зовнішніх поверхонь кілець (втулок) - 7 класу. Кільця великих діаметрів виготовляють також і з штабової машинобудівної сталі (марки Ст. 4, Ст. 5), попередньо зігнутої в кільце і звареної в стик.

Запресовують кільця в отвори деталей з діаметральним натягом, який дорівнює 0,04 - 0,14 мм, після чого їхні внутрішні поверхні розточують до нормальних розмірів (з додержанням відповідних розмірів координат їхніх

осей). Вставляють кільця в розточені створи деталей також по перехідних посадках - від зазору 0,02 до натягу 0,04 мм, але тоді зовнішні поверхні кільця і внутрішні поверхні отворів попереду покривають клеєм марки БФ-2 або клейовою композицією на основі епоксидної смоли ЄД-6. До покриття клеєм контактні поверхні кільця і виточок знежирюють ацетоном або іншим розчинником і просушують. Клей наносять на поверхню 3 - 4 рази тонкими шарами, щоразу даючи можливість попередньому шару добре висохнути (протягом 10 - 60 хв. залежно від температури навколишнього середовища).

Деталі з встановленими на клею кільцями вміщують у сушильну шафу, де їх нагрівають до температури 150 - 160⁰ С протягом 1 - 1,5 год. і витримують при цій температурі 1,5 - 2 год. Охолоджуватись до нормальної температури деталі повинні повільно в термоізованому середовищі або разом з шафою.

Призначені для встановлення на клею кільця розточують до нормальних розмірів під час виготовлення; якість розточеної поверхні не повинна бути нижча від 6 класу шорсткості поверхні.

Головним критерієм при виборі матеріалу для додаткових деталей (кільця, втулок та ін.) є умови, в яких вони працюватимуть. Найчастіше до них ставлять вимоги щодо підвищеної стійкості проти спрацювання або антифрикційних властивостей, рідше - щодо термостійкості або механічної міцності. При виготовленні кільця і втулок з конструкційних сталей товщина стінок може дорівнювати 2 і навіть 1,5 мм; товщина стінок у чавунних додаткових деталях повинна бути майже у два рази більша, ніж у сталевих.

Крім циліндричних, встановлюють також плоскі додаткові деталі - диски, пластини тощо.

В окремих випадках для більшої надійності кріплень додаткових деталей застосовують електрозварювання, стопорні штифти, заклепки і гвинти.

Коли різні частини тієї самої деталі спрацьовуються з різною інтенсивністю, сильно спрацьовану частину видаляють, виготовляють з

такого самого або кращої якості матеріалу нову частину і з'єднують її з тією, що залишилася, зварюванням або напресуванням з додатковим кріпленням. Прикладами цього можуть бути шліцьові кінці півосей тракторів і автомобілів, карданні вали, вінці шестерень.

Спосіб відновлення спрацьованих і пошкоджених деталей і спряжень встановленням додаткових деталей цілком надійний і економічний. Недоліками його є неможливість відновлення багатьох деталей, конструкції яких до цього не пристосовані, або зниження міцності деталей, особливо перемичок між отворами картерів або шийок валів (осей).

Спосіб заміни частини деталі доцільний і економічний тільки стосовно обмеженої кількості деталей.

Обробка пожолоблених або з місцевим спрацюванням привалкових поверхонь. В результаті розрізної і спільної дії залишкових ливарних напружень, статичних і динамічних навантажень і в окремих випадках термічних напружень багато корпусних, головних та інших деталей деформується. До таких деталей належать головки і блоки циліндрів, впускні й випускні труби двигунів, картери й корпуси розподільних шестерень, маховиків, муфт зчеплення, коробок передач, задніх мостів і редукторів, колінчасті вали, шатуни тощо.

Якщо величина неплоскості або місцевого спрацювання привалкової поверхні не перевищує 0,2 мм доцільно застосовувати плоске шліфування. Допускається також фрезерування таких поверхонь і в окремих випадках припилювання і шабрування.

Швидкість шліфування становить 35 - 45 м/сек, поздовжня подача шліфувального круга – 5 - 7 м/хв, поперечна - 0,5 - 0,7 ширини круга на кожний хід стола верстата. Як охолодну рідину застосовують емульсію (води 96%, мінерального масла 3,5% і кальцинованої соди 0,5%).

Якщо жолоблення поверхні перевищує 0,2 мм, обробку провадять на горизонтально або вертикально-фрезерних верстатах.

Для фрезерування використовують циліндричні набірні фрези діаметром 90 - 200 мм і довжиною до 120 мм. Залежно від матеріалу, його твердості, величини припуску і форми оброблюваної поверхні швидкість різання беруть 13,5 - 39,5 м/хв, подачу - 118 - 150 мм/хв. Вищої продуктивності обробки досягають при використанні торцевих фрез діаметром 150 - 180 мм; швидкість обертання таких фрез становить 250 - 300 об/хв. , подача в середньому 200 мм/хв.

В окремих випадках, коли утруднене або неможливе встановлення деталі у фрезерному верстаті, застосовують поперечно і навіть поздовжньо-стругальні верстати. Робоча швидкість повзуна стругального верстата становить 10 - 12 м/хв, поперечна подача - 0,5- 0,7 мм на кожний робочий прохід різця.

Окремі нерівності привалкових поверхонь усувають наждачним кругом з приводом від електродвигуна через гнучкий вал. Інколи ці нерівності ліквідують вручну припилюванням драчовим або личкувальним напилками і шабруванням.

Нерівності привалкових поверхонь чавунних деталей біля різьбових отворів, що виникають внаслідок витягнутості (крипу) металу зусиллям різьбового з'єднання, ліквідують припилюванням і шабруванням або на плоскошліфувальному верстаті.

Взаємну паралельність або перпендикулярність поверхонь забезпечують відповідним базуванням деталей при обробці на верстатах або відповідним контролем у процесі напівмеханізованої або ручної обробки.

Обробка зварних швів і покриттів епоксипластами. На необроблених поверхнях деталей зварні шви для видалення напливів і бризок металу зачищають наждачним кругом з гнучким валом. Рідше ці операції виконують на шліфувально-обдирних верстатах або вручну за допомогою напилків. При виявленні пористості зварного шва у корпусних деталях його зачищають, знежирюють ацетоном або чотирихлористим вуглецем і просочують

клеювою сумішшю, виготовленою на основі епоксидної смоли ЄД-5 або Є-40.

Зварні шви на оброблених посадочних циліндричних поверхнях проточують і, якщо треба, шліфують з використанням різального та шліфувального інструменту й режимів, рекомендованих для металів, з яких виготовлено застосований для зварювання або наплавлення присадний матеріал. Проте під час токарної обробки наплавлених деталей верхні шари металу слід знімати з трохи меншими швидкостями різання, ніж для наступних шарів, коли нерівності в основному будуть вже видалені.

У ряді випадків після токарної обробки наплавлених поверхонь шліфування замінюють накочуванням кулькою, яке можна виконувати на токарному верстаті, на якому провадили обточування. Для накочування застосовують кульки діаметром 15 - 18 мм (з підшипників). Щоб досягти 8 - 10-го класу шорсткості поверхні, кульки треба прикладати зусилля 0 – 2000 Н при подачі 0,06 - 0,16 мм/об, швидкості обертання деталі 150 - 200 об/хв. Припуск на розкатування становить 0,02 - 0,05 мм.

Шви на оброблених привалкових поверхнях фрезерують на універсально-фрезерних верстатах врівень з основною поверхнею. Для цього використовують торцеві насадні фрези діаметром 100 мм; швидкість обертання фрези - 400 об/хв, подача - 500 мм/хв. Такі зварні шви обробляють також наждачними кругами з гнучким валом, а іноді вручну драчовим і личкувальним напилками і плоским шабером.

Обробляти зварні шви на деталях з чавуну або інших крихких металів за допомогою зубила або крейцмейселя і молотка чи іншого ударного інструменту не дозволяється.

Для свердління і нарізування різьби в заварених отворах сталених деталей застосовують свердла й мітчики з швидкорізальної сталі. Швидкість різання при обробці заварених простими електродами отворів коливається в межах 8 - 14 м/хв. , якщо отвори заварені якісними електродами – 6 - 9 м/хв.

Для свердел і мітчиків з інструментальної вуглецевої сталі швидкість різання зменшують у середньому наполовину.

Затверділі клейові суміші на основі епоксидних смол можна обробляти на будь-якому металорізальному верстаті або вручну з використанням звичайного різального верстатного і слюсарного інструменту. Режими різання ті самі, що й для обробки металів з підвищеною пластичністю (м'яка сталь, феритний чавун, латунь, мідь тощо).

Накладання латок і штифтування.

Тріщини і пробоїни в корпусних деталях часто ремонтують накладанням латок на гвинтах або різьбових штифтах з наступним розклепуванням одного з кінців штифта. При цьому способі в ремонтваній деталі не виникають внутрішні залишкові напруження, властиві, зокрема, способу усунення цих дефектів за допомогою електричного або газового зварювання.

З м'якої листової сталі або латуні завтовшки 1,5 - 2 мм вирізають латку з таким розрахунком, щоб вона перекривала тріщину (групу тріщин) або пробоїну на 20 - 25 мм по всьому контуру. Тріщину по кінцях засвердлюють свердлом діаметром 3 - 4 мм наскрізь, а пробоїну вирівнюють, після чого до місця дефекту приганяють латку легкими ударами молотка. По контуру латки накернюють і просвердлюють отвори під гвинти з відстанню один від одного (кроком) 10 - 15 мм і на відстані 10 - 12 мм від країв латки. Ці отвори роззенковують під потайні головки гвинтів. Прикладають латку з отворами до ремонтваного місця деталі і по ній, як по кондуктору, просвердлюють отвори в деталі, в яких потім нарізують мітчиками різьбу (звичайно М4×0,7 або М6×1,3 густої бавовняної тканини або картону вирізають прокладку по формі латки, змащують її з обох боків суриком або білилами, накладають прокладку і латку на ремонтване місце і прикручують гвинтами відповідного розміру.

Застосовують також простіший і теж надійний спосіб накладання латок - на різьбових штифтах-заклепках. Для цього на мідному або з м'якої сталі

прутку діаметром 4 - 5 мм нарізують плашкою нормальну різьбу. Отвори в латці при цьому способі не роззенковують, але їх діаметри мають бути більші від діаметрів штифтів у середньому на 0,1 мм. Штифти вкручують через латку з прокладкою в різьбові отвори деталі і зрізують на висоті від поверхні латки, що дорівнює 1,5 діаметра штифта. Частина штифта, що виступає над латкою, розклепують з використанням оправки і обтискача (рис. 1.7). Тріщини невеликої довжини (до 50 мм) можна штифтувати.

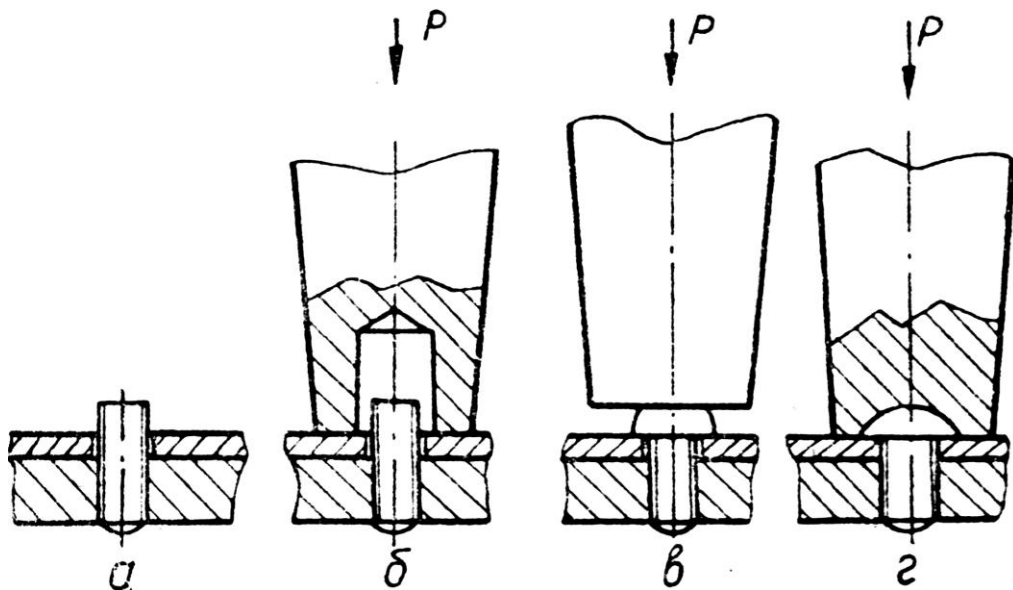


Рис. 1.7. Послідовність розклепування кінця різьбового штифта кріплення латки:

- а - штифт перед розклепуванням; б - припасування латки до деталі;
- в - розклепування виступаючої частини штифта;
- г - формування головки штифта

Для цього визначають межі тріщини, накернюють і засвердлюють свердлом діаметром 3 - 5 мм її кінці. Розмічають і просвердлюють тим самим свердлом отвори 3 і 4 (рис. 1.8) з таким розрахунком, щоб при свердлінні отворів 5,6 і 7 кожний з них перекривав сусідній отвір на 1/4 - 1/3 їх діаметра. На мідному або з м'якої сталі прутку діаметром 3 - 5 мм нарізають різьбу і таку саму різьбу - в отворах 1, 3, 4 і 2. У отвори вкручують по черзі на повну глибину різьбовий прутки, який щоразу відрізають на висоті 1,5 - 2 мм від поверхні деталі. Потім просвердлюють отвори 5, 6 і 7 між раніше

встановленими штифтами, нарізують в них різьбу і ставлять аналогічно наведеному порядку штифти. Частини штифтів, що виступають, зачеканюють легкими ударами гострої частини молотка і обпилюють драчовим напилком.

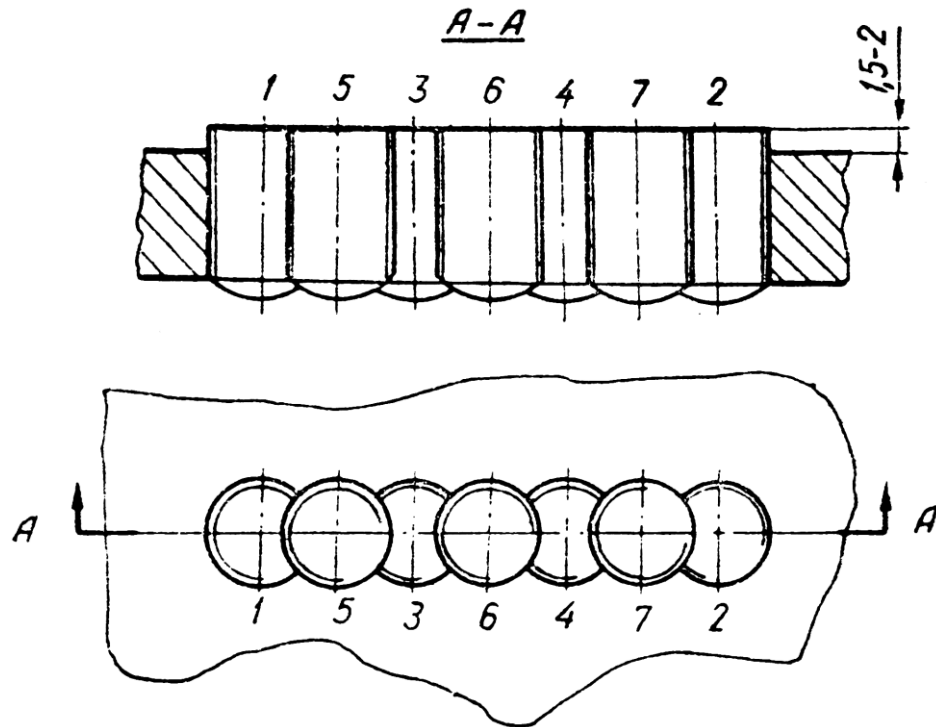


Рис. 1.8. Поздовжній розріз і вигляд зверху заштрихованої тріщини (цифрами позначено послідовність установа штифтів)

Нарізування різьб ремонтних розмірів. Встановлення різьбових втулок і пробок. Операції ремонту й відновлення пошкоджених і спрацьованих різьбових отворів і різьб валів та інших деталей належать до найпоширеніших.

Виправлення різьбових поверхонь здійснюють головним чином перерізуванням різьби в отворах до збільшених, а на валах - до зменшених ремонтних розмірів. Несправні різьбові отвори можна розсвердлювати під різьбові втулки, внутрішні отвори яких мають різьби нормальних розмірів, або під різьбові пробки, в яких потім просвердлюють отвори і нарізають нормальні різьби. Несправні різьбові поверхні сталейних деталей відновлюють також заварюванням різьбових отворів або обварюванням різьбових частин

валів (цапф) з наступним розсвердлюванням отворів або обточуванням валів до нормальних розмірів і нарізуванням нормальних різьб.

Розсвердлювання несправних різьбових отворів і свердління отворів у пробках і в заварених місцях деталей виконують на координатно-свердлильних і звичайних свердлильних верстатах або за допомогою електродриля.

Якщо початкове положення осі оброблюваного різьбового отвору не зв'язане жорсткими допусками з іншими розмірами деталі, свердло можна спрямовувати безпосередньо по старому отвору. У тому ж разі, коли положення осі ремонтного отвору зв'язане з іншими отворами або установочними базами і зміщення його осі не повинно перевищувати певної величини(допуску), треба застосовувати відповідні кондуктори або пристрої.

Для свердління отворів у різьбових пробках, а також у заварених отворах під різьбу нормального розміру треба обов'язково застосовувати кондуктори з напрямними втулками для свердел.

Несправну зовнішню різьбову поверхню (під зменшений ремонтний розмір) або наварену (під нормальний) обточують на токарно-гвинторізних верстатах.

Вибираючи різьбу ремонтного розміру, треба намагатися, щоб її крок дорівнював крокові початкової різьби (де це можливо) і шар металу знімався при цьому якнайменший.

У табл. 1.2 наведено розміри нормальних і рекомендованих ремонтних різьб з отворах головним чином корпусних деталей, а також діаметри свердел для нарізування різьб ремонтних розмірів.

Для нарізування різьб ремонтних розмірів на валах, цапфах, осях можна також користуватися даними перших двох граф табл. 1.2, але у зворотному порядку: справа наліво.

Величини l_1, l_2 та l_3 такі, як і для шпильки нормального розміру.

Пошкоджені різьбові отвори обробляють на ремонтні (збільшені) різьби головним чином у спряженнях з шпильками, причому в ці отвори, як

правило, встановлюють ступінчасті шпильки (рис. 1.9), що мають збільшені діаметри тільки тих частин, які закручують в отвори, а частини, що виступають над привалковими поверхнями деталей, мають нормальні розміри.

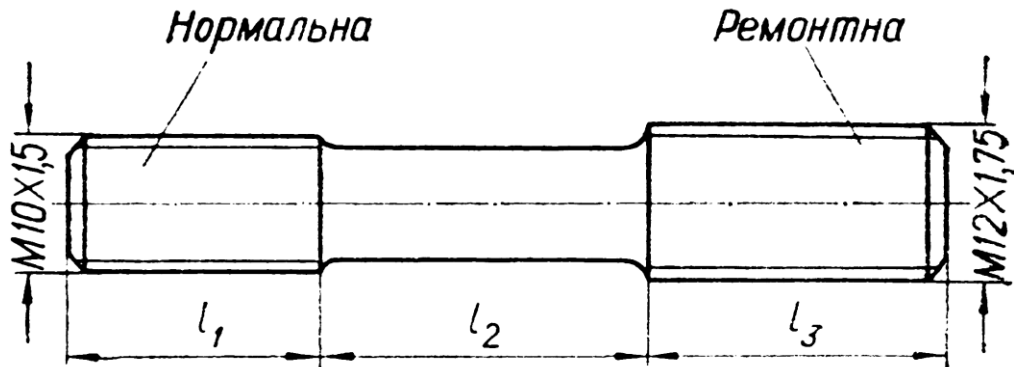


Рис. 1.9. Шпилька ремонтного розміру (ступінчаста)

Пошкоджені різбові отвори, спряжані з болтами, не розсвердлюють для ремонтних різьб, щоб не ставити болтів збільшених ремонтних розмірів. Проте коли інші способи ремонту й відновлення застосувати не можна, тоді замість болтів встановлюють ступінчасті шпильки з нормальними розмірами виступаючих з деталей частин і гайок.

Найбільш прийнятним способом ремонту пошкоджених різбових отворів у корпусних чавунних деталях є встановлення різбових втулок і пробок. Однак при цьому товщина стінки металу навколо розсвердленого під втулку чи пробку отвору не повинна бути менша половини радіуса свердлення.

Якщо положення осі ремонтваного різбового отвору не зв'язане з іншими елементами деталі точними розмірами, тоді доцільно ставити в цей отвір різбову втулку з нарізаною по внутрішній поверхні нормальною різьбою. Якщо ж осі ремонтваного одного або кількох отворів зв'язані між собою або з іншими елементами деталі точними розмірами, тоді ставлять різбові пробки, в яких потім просвердлюють по кондуктору отвори і нарізають різьбу нормального розміру.

Таблиця 1.2

Внутрішня різьба		Діаметр свердла під ремонтну різьбу, мм	
нормальна	ремонтна	для чавуну	для сталі
		М6ХІ	1М8ХІ
М8Х1.25	М10Х1,5	8,3	8,4
М10Х1.5	1М12Х1.25	10,5	10,6
	М12х1,75	10,0	10,1
М12Х1.75	1М14ХІ.5	12,3	12,4
М14Х2	М16Х2	13,7	13,8
М16Х2	1М18Х1.5	16,3	16,4
	М18х2,5	15,1	15,2
М18х2,5	М20Х2.5	17,1	17,2
1М18Х1.5	1М20х1,5	18,3	18,4
М20Х2.5	М22Х2,5	19,1	19,3
1М20Х1,5	1М22Х1.5	20,3	20,4
М22Х2.5	1М24Х2	21,7	21,8
1М22Х1.5	1М24Х2	21,7	21,8
М24Х3	М27Х3	23,5	23,6
	1М27Х2	24,7	24,8
М27Х3	1М30Х2	27,7	27,8
	М30Х3.5	26,2	26,3
М30Х3.5	1М33Х2	30,6	30,8
М36Х4	1М39Х3	35,5	35,6
2М39Х2	2М42Х2	39,7	39,8
2М42Х2	2М45Х2	42,7	42,8

Для виготовлення різьбових втулок і пробок використовують сталь Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5 або сталь 20, 25, 30. Зовнішній діаметр втулки чи пробки має

перевищувати на 7 - 10 мм внутрішній номінальний діаметр ремонтваної різьби (залежно від величини кроку номінальної різьби). Зовнішню (установочну) різьбу приймають відповідно до величини діаметра за ГОСТ 9150-89, переважно першу і рідше другу дрібну.

Різьбову пробку (стержень) або втулку закручують у ремонтований отвір до упору, після чого її відрізують і частину, що виступає, обробляють врівень з поверхнею рознімання. На обводі з'єднання пробки або втулки з ремонтваною деталлю просвердлюють отвір діаметром 4 - 5 мм на глибину 8 - 12 мм, в який потім запресовують гладкий штифт так, щоб торець його збігався або трохи заглиблювався відносно основної привалкової поверхні.

Гайки для різьб ремонтних розмірів валів і осей виготовляють з того самого металу, що й гайки нормальних (заводських) розмірів або застосовують стандартні гайки відповідних розмірів. В окремих випадках буває доцільно зовнішні розміри гайки ремонтного (зменшеного) розміру під гайковий ключ робити такі самі, як і гайки нормального розміру.

Видалення з різьбового отвору відламаної частини болта, шпильки або гвинта. Якщо відламана частина різьбової нормалі виступає над привалковою поверхнею деталі на величину, більшу від діаметра різьби, її викручують за допомогою ексцентрикового або цангового пристрою.

Коли відламана частина виступає над основною поверхнею лише на кілька міліметрів, посередині площини злому пропилюють ножівкою вручну або на верстаті канавку, після чого уламок викручують викруткою.

Для видалення частини болта, шпильки або гвинта, що не виступає над привалковою поверхнею, у центр: відламаної частини роблять заглибину за допомогою кернера й молотка. Потім просвердлюють отвір, діаметр якого на 2 - 3 мм менший від внутрішнього діаметра різьби, а глибина дорівнює 1,1 - 1,3 діаметра різьби, але не виходить з відламаної частини. У просвердленому отворі нарізають різьбу, напрям якої протилежний напрямку основної різьби, і викручують уламок за допомогою мітчика або болта відповідного розміру. Можна для цього застосувати електроерозійний спосіб обробки металу. Тоді

в центрі відламаной різьбовой частини роблять не круглий, а чотирикутний отвір, використовуючи який, уламок викручують екстрактором.

Після видалення відламаной різьбовой частини, особливо такої, що заглиблювалась в отворі відносно привалкової поверхні, різьбовий отвір обробляють (проходять) чистовим мітчиком відповідного розміру.

2. ЗВАРЮВАННЯ І НАПЛАВЛЕННЯ

2.1. Фізичні і технологічні основи зварювання

Зварюванням називають технологічний процес одержання не рознімного з'єднання твердих матеріалів через встановлення міжатомних зв'язків між зварювальними деталями. Для цього необхідно атоми матеріалу однієї деталі наблизити до атомів матеріалу другої деталі на відстані порядку 10^{-10} м, яка приблизно дорівнює відстані між атомами матеріалу зварювальних деталей. У випадку такого наближення зовнішні електрони атомів утворюють загальну (колективну) електронну систему.

При кімнатній температурі метали не з'єднуються навіть від стискання значними зусиллями. У випадку прикладання зусилля у декілька десятків тонн в окремих контактних точках виникають міжатомні зв'язки, але після знімання навантаження вони руйнуються за рахунок дії сил пружності. Чим більша пластичність і менша твердість матеріалу, тим нижчий питомий тиск, за якого можливе з'єднання деталей.

Загальноприйнятим способом зниження твердості і підвищення пластичності є нагрівання металу. Для одержання міцного зварювального шва метал, нагрітий до пластичного стану, осаджують (піддають пластичному деформуванню). Якщо температуру зварювальних деталей довести до температури плавлення, то процес проходить без осадження за рахунок сплавлення об'ємів розплавленого металу деталей у загальній зварювальній ванні.

Таким чином, залежно від способу зближення атомів, зварювальні процеси можна розділити на зварювання плавленням і пластичним деформуванням (тиском).

Наплавлення - різновидність зварювання, яке полягає в нанесенні шару металу на поверхню деталі.

Зварювання і наплавлення металів класифікується за фізичними, технічними та технологічними ознаками.

Фізичні ознаки характеризують форму підведеної при зварюванні та напавленні енергії і дозволяють виділити три класи зварювальних процесів:

термічний, який характеризується підведенням теплової енергії (дугова, газова, високочастотна, термітна, електрошлакова, плазмова, електронно-променева і лазерна);

термомеханічний - поєднання підведення теплової і механічної енергії тиску (електроконтактна, дифузійна, газопресова, вибухом);

механічний - з використанням механічної енергії (тертя, ультразвукової, холодної).

Технічні ознаки характеризуються способом захисту зони зварювання від взаємодії з оточуючим середовищем, безперервністю процесу і механізацією подачі та переміщення електроду відносно деталей.

Технологічні ознаки характеризують особливості технологічного процесу зварювання (дугове, газове, плазмове, лазерне тощо).

Під час вибору способу відновлення деталі необхідно враховувати умови її роботи, властивості матеріалу та процеси, які відбуваються під час утворення зварювального з'єднання.

Найважливішим, з точки зору кінцевих властивостей виробу, є зміна хімічного складу, структури, властивостей матеріалу деталі і рівень внутрішніх напруг та деформацій у зоні з'єднання.

Газове зварювання і наплавлення - це один із універсальних способів ремонту деталей, бо дозволяє обробляти метали товщиною від десятих часток міліметра до десятків міліметрів. Газозварювальні процеси, розтягнуті

у часі, легко контролюються зварником, що дозволяє навіть при відносно низькій його кваліфікації одержувати достатньо високу якість шва. Крім того, відносно низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час зварювання дозволяють зменшити зварювальні напруги і уникнути утворення тріщин.

Газове зварювання найчастіше застосовують для зварювання низько- і середньовуглецевих сталей товщиною до 3 мм (кабіни, облицювання, кожухи тощо) і при ремонті деталей з чавуну і кольорових металів.

Зварювальне полум'я. Джерелом тепла для нагрівання деталей при газовому зварюванні є полум'я, утворене від згорання суміші газу з киснем. Для зварювання найчастіше використовують ацетилен (C_2H_2), значно рідше пропан-бутан ($C_3H_8 + C_4H_{10}$). В останні роки великі успіхи досягнуті у використанні воднево-кисневих сумішей.

Зварювальне полум'я складається з трьох зон (рис. 2.1). Зона «А» (ядро полум'я) обмежена світлою оболонкою, у зовнішньому шарі якої згорає вуглець, утворений під час розпаду молекул палива. Зона В - відновлювана, або зона неповного згорання. Вона складається з окису вуглецю і водню, утворених на першій стадії горіння газу. Ці продукти згорання розкислюють розплавлений метал, віднімаючи кисень від його окислів. Зона С - повного згорання (або факел), являє собою видимий об'єм газів. У цій зоні відбувається догорання продуктів горіння за рахунок кисню, ежектованого з повітря.

Трохи інша будова воднево-кисневого полум'я, тому для коректування складу полум'я до воднево-кисневої суміші додають пари бензину у незначних кількостях (5 - 10%). Такий склад газової суміші призводить до того, що в полум'ї зони В практично повністю відсутня і відповідно не відбувається розкислення розплавленого металу.

Максимальна температура ацетилено-кисневого полум'я ($3150^\circ C$) значно вища максимальної температури пропан-бутан-кисневого полум'я

(2400° С). Максимальна температура воднево-кисневого полум'я (3000° С) близька до температури ацетилено-кисневого.

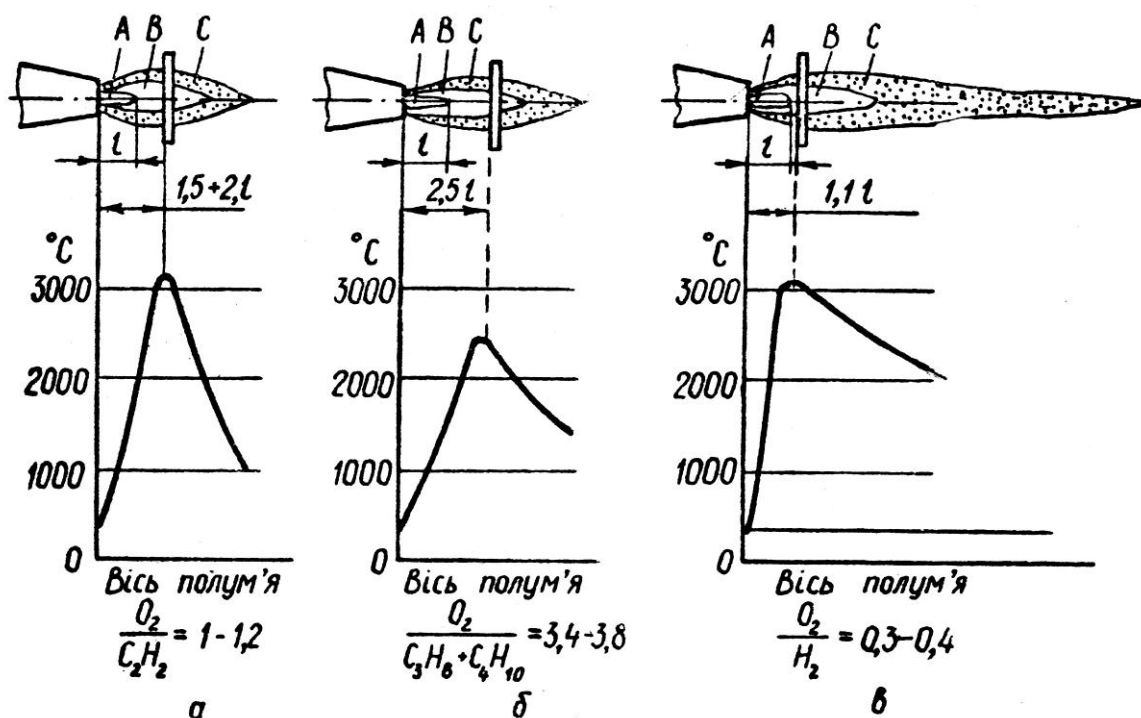


Рис. 2.1. Будова зварювального полум'я:

а - ацетиленокисневого; б - пропано-кисневого; в - воднево-кисневого;
 А - ядро; В - зона неповного згорання; С - зона повного згорання; *l* - довжина ядра

Від співвідношення газу і кисню у горючій суміші залежить характер полум'я. Нейтральне полум'я характеризується відсутністю вільного кисню і вуглецю у відновлюваній зоні В. Для різних горючих сумішей нейтральне полум'я досягається таким співвідношенням об'ємів кисню і газу:

$$\text{ацетилено-кисневе полум'я} - \frac{O_2}{C_2H_2} = 1-1,2;$$

$$\text{пропан-бутан-кисневе полум'я} - \frac{O_2}{C_3H_8 + C_4H_{10}} = 3,4-3,8;$$

$$\text{воднево-кисневе полум'я} - \frac{O_2}{H_2} = 0,4-0,45.$$

Окисне полум'я отримується при більших значеннях наведених вище співвідношень. Таке полум'я має вищу температуру, однак надлишок кисню

сприяє окисленню заліза. Метал шва отримується пористий і крихкий. Тому в даному випадку потрібно застосовувати дрiт марок СВ-08ГС і СВ-12ГС, які містять розкислювачі - марганець і кремній.

Навуглецьовувальне полум'я характеризується надлишком горючого газу, зниженою температурою і сприяє насиченню металу шва вуглецем.

Для зварювання і наплавлення деталей із сталі, яка має менше 0,5 % вуглецю і кольорових металів, використовують нейтральне полум'я; для деталей з високовуглецевих і легованих сталей, чавуну, наплавлення твердих сплавів - навуглецьовувальне полум'я; для різання металу - окислювальне.

Потрібно враховувати, що при взаємодії розплавленого металу із зварювальним полум'ям змінюється його склад. Кисень, який потрапив у шов, знижує його міцність, ударну в'язкість, стійкість проти корозії. Водень сприяє утворенню тріщин. Азот, взаємодіючи при високій температурі з залізом, утворює нітриди, які надають наплавленому металу підвищеної твердості і крихкості. У процесі зварювання вигорає кремній, марганець, інші легуючі добавки матеріалу зварюваних деталей.

Щоб не змінювався склад наплавленого шару, матеріал присадного дроту за своїми фізико-механічними властивостями і хімічним складом повинен бути таким, як і матеріал деталі, але із збільшеною кількістю легкоокислювальних компонентів.

Присадним матеріалом для зварювання невідповідальних сталевих деталей є маловуглецевий дрiт типу Св-08. Для підвищення механічних властивостей і розкислення металу шва використовують низьколегований кремній-марганцевистий присадний дрiт СВ-08ГС, СВ-10ГС тощо. Позитивно впливає на якість шва наявність у присадному матеріалі нікелю, хрому тощо.

При напавленні зношених поверхонь деталей використовують електроди Нп-40, Нп-50, Нп-3ОХГСА, Нп-50Г, Нп-65Г та інші, які дозволяють одержати напавлений шар з високою стійкістю проти зношування.

Для захисту розплавленого металу від шкідливого впливу кисню, азоту, водню та інших елементів застосовують флюси. Вони утворюють з окислами металів хімічні з'єднання, які спливають у вигляді шлаку на поверхню і захищають рідкий метал від насичення газами. Основними компонентами флюсів для чорних металів є бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, двовуглецева сода NaHCO_3 і борна кислота H_3BO_3 .

Для газового зварювання і наплавлення застосовується відносно просте і недороге обладнання.

Ацетилен одержують безпосередньо на робочому місці зварювальника в ацетиленовому генераторі шляхом взаємодії карбіду кальцію з водою або зберігають у спеціальних ацетиленових балонах. У сільськогосподарському виробництві найпоширеніші пересувні ацетиленові генератори продуктивністю 0,8 - 3,2 м³/год, тиском 0,1 - 0,15 МПа, наприклад, АСП - 1,25, ГВР - 1,25М4, ГНВ - 1,25 тощо.

Кисень зберігається в балонах високого тиску (15 - 20 МПа) об'ємом 10 - 60 л., пропан-бутан зберігається у балонах середнього тиску (1,6 МПа) об'ємом 5 - 50 л.

Зниження і підтримання в необхідних межах робочого тиску газів здійснюється за допомогою газових редукторів (наприклад, КРР - 61 тощо).

Газ і кисень подаються по шлангах до газового пальника, в якому відбувається їх змішування і дозування. Найпоширеніші пальники малої Г2 - 04 і середньої Г3 - 04 і великої Г3 - 05 потужності, а також наплавлювальні пальники, які дозволяють подавати в зону наплавлення гранульовані самофлюсуючі порошки ГН - 2, ГН - 3 тощо.

Для воднево-кисневого газового зварювання обладнання складніше, однак це компенсується суттєвим зниженням витрат на матеріали і транспортування балонів.

Воднево-кисневе зварювальне полум'я отримують при спалюванні газу, який генерують в електролізері безпосередньо на робочому місці

зварювальника шляхом розкладання води електричним струмом на кисень і водень.

Принцип дії електролізера ґрунтується на реакції розкладання води під дією постійного електричного струму, який проходить через лужний електроліт. Електролізер складається з ряду послідовно включених герметичних порожнин, утворених електродами та ущільнювальними кільцями. Герметизація набраного таким чином пакету здійснюється стягуванням шпильками. Внутрішня порожнина газовідокремлювача і міжелектродні порожнини заповнюються електролітом. До крайніх електродів електролізера підводиться постійний електричний струм від блока живлення. Воднево-киснева суміш, яка утворюється при проходженні струму, через отвори у верхній частині електродів потрапляє у газовідокремлювач, потім осушується і через затвор і збагачувач подається до зварювального пальника. Затвор необхідний для запобігання вибуху газу всередині генератора у випадку займання газу у шлангах. Збагачувач дозволяє коректувати характер зварювального полум'я шляхом незначних добавок до воднево-кисневої суміші парів бензину.

Низька вартість необхідних матеріалів і споживання електричної енергії (2 - 5 кВт-год) дозволяють очікувати поширення цього виду зварювання у виробництві і особливо на сільськогосподарських ремонтних підприємствах.

Режим газового зварювання (наплавлення) визначається напрямком переміщення і кутом нахилу пальника, потужністю і характером полум'я, діаметром присадного дроту.

При лівому способі зварювання пальник переміщують справа наліво, а присадний дріт-попереду полум'я. Цей спосіб найпоширеніший і застосовується для наплавлення і зварювання матеріалів малих товщин (рис. 2.2).

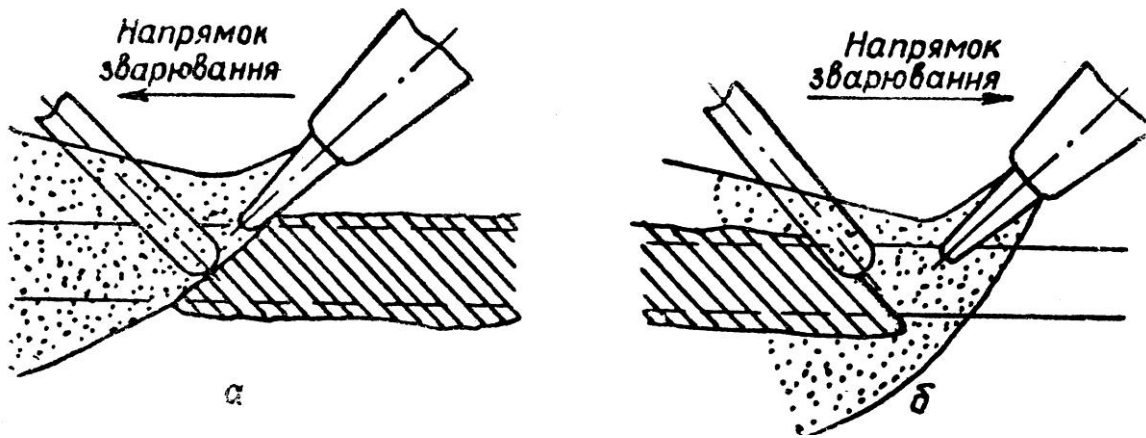


Рис. 2.2. Газове зварювання:

а-ліве; б - праве

При правому способі пальник переміщують зліва направо, а присадний дріт слідом за пальником. Це дозволяє найповніше використовувати тепло полум'я і зварювати деталі товщиною більше 5 - 6 мм. Кут нахилу пальника (між площиною зварюваного металу і віссю нахилу пальника) вибирають залежно від товщини зварюваних деталей (рис. 2.2). Чим він більший, тим більший тепловий вплив полум'я на деталь.

Потужність полум'я характеризується годинною витратою ацетилену:

$$A = kt \text{ дм}^3/\text{год},$$

де k - коефіцієнт, який враховує матеріал і спосіб зварювання, $\text{дм}^3/\text{год-мм}$;

t - товщина зварюваної деталі, мм. Для сталі $k = 100 - 120$, алюмінію – 60 - 100, чавуну – 110 - 140.

За витратою ацетилену вибирають номер наконечника пальника. Потужність полум'я інших газів визначають аналогічно. Характер полум'я (нейтральне, окисне, відновлювальне) приймають залежно від матеріалу зварюваних деталей.

Діаметр присадного дроту визначають залежно від способу зварювання за формулами:

$$d = 0,5t + 1 \text{ - для лівого способу зварювання;}$$

$$d = 0,5t + 2 \text{ - для правого способу зварювання.}$$

Газове зварювання доцільно використовувати для зварювання деталей малих товщин. При збільшенні товщини деталей спостерігається різке падіння продуктивності процесу.

Електродугове зварювання і наплавлення. Під час електродугового зварювання метал деталей і присадного дроту плавиться за рахунок тепла електричної дуги. Горіння зварювальної дуги супроводжується виділенням великої кількості тепла. Температура дуги на осі її стовпа досягає 6000 - 7500° С. Вона залежить від сили струму, що припадає на одиницю поперечного перерізу електроду - щільності струму.

Для електродугового зварювання можна використовувати змінний та постійний струми. Зварювальна дуга на змінному струмі горить нестійко. Для підвищення стабільності горіння дуги збільшують щільність струму. При зварюванні на постійному струмі дуга горить стабільно. На позитивному полюсі виділяється близько 43 % тепла і температура дуги досягає 4200° С, на негативному полюсі виділяється 36 % тепла і температура значно нижча (3500° С).

Тому, якщо необхідно збільшити глибину проплавлення деталі, то зварювання ведуть на прямій полярності (деталь підключають до позитивного полюса). Для зварювання деталей, які мають малу товщину або виготовлені із вуглецевих і легированих сталей, позитивний полюс з'єднують з електродом (зворотна полярність). Під час зварювання на змінному струмі на електроді і деталі виділяється приблизно однакова кількість тепла.

Спад напруги в дузі U_{δ} складається із спаду напруги в зоні катоду U_{κ} , стовпа дуги U_{cm} і анодної області U_a :

$$U_{\delta} = U_{\kappa} + U_{cm} + U_a .$$

Спад напруги в анодній і катодній областях практично постійний.

Спад напруги у стовпі дуги пропорційний її довжині:

$$U_{cm} = kL ,$$

де k - середній спад напруги на одиницю довжини дуги, В/мм;

L - довжина дуги, мм.

Для сталених електродів може бути прийнято:

$$U_k + U_a \approx 12,$$

$k=2, L=4$, тоді:

$$U_0 = 12 + 2 \times 4 = 20 \text{ В}.$$

При зварюванні сталеним електродом дуга стійко горить при напрузі 18 - 28 В, але для збудження дуги потрібна більш висока напруга. Це пояснюється тим, що в початковий момент повітряний проміжок ще недостатньо нагрітий і необхідно надати електронам і великої швидкості для іонізації атомів газового проміжку. Для надійного запалювання дуги потрібна напруга 30 - 40 В. Крім того, у процесі зварювання необхідно забезпечити сталість зварювального струму при коливаннях довжини дуги, а при короткому замиканні струм не повинен перевищувати робочий більш як у 1,5 рази.

Таким чином, для живлення зварювальної дуги найбільш підходить джерело струму з крутопадаючою зовнішньою (вольт-амперною) характеристикою. Зовнішня характеристика - це залежність між напругою на затискачах джерела живлення і струмом.

Розрізняють крутопадаючу, пологопадаючу, жорстку і зростаючу характеристики.

Живлення дуги змінним струмом здійснюється від зварювальних трансформаторів із підвищеним магнітним розсіюванням.

Регулюють струм магнітним шунтом типу СТШ - 250 і СТШ - 300 або переміщенням обмоток типу ТД - 306У2 і ТДМ - 317У2. Поширенню зварювальних трансформаторів сприяють простота конструкції, надійність, низька вартість, невеликі габарити і маса.

Джерела живлення постійного струму дозволяють отримати шов більш високої якості, але вони складніші, дорогі і менш надійні. Зварювальні перетворювачі (ПД - 305У2, ПД - 502У2, ПСО - 300 - 2У2, ПСГ - 500 - 1У3 тощо) являють собою електричну машину, яка об'єднує в одне ціле трифазний асинхронний електродвигун і генератор постійного струму.

Для зварювання в польових умовах застосовують зварювальні агрегати (АДД-303У1, АДД-304У1, АДД-3112У1 тощо), змонтовані на причепі. Генератор постійного струму такого зварювального агрегату приводиться в обертання двигуном внутрішнього згорання.

Останнім часом все більше використовують зварювальні випрямлячі (ВД-201УЗ, ВД-306УЗ, ВС-300 тощо).

Спеціалізовані джерела живлення (УДГ-301, УДГ-501, ВДУ-305, ВДУ-505, УПС-301, ТРИ-300Д тощо) додатково укомплектовані електронним обладнанням, яке розширює технологічні можливості і сприяє підвищенню якості зварювання. Широко використовують осцилятори, імпульсні стабілізатори горіння дуги, пристрої для плавного зниження зварювального струму в кінці зварювання, регулятори струму і напруги тощо.

Якість наплавленого металу та продуктивність процесу зварювання і наплавлення у більшості випадків визначаються матеріалом електродів та їх покриття. Для ручного дугового зварювання найчастіше використовують плавкі електроди, виготовлені із сталюого дроту довжиною 350 - 400 мм, на поверхню якого нанесено покриття (обмазка). За призначенням покриття електродів діляться на стабілізуючі (тонкі) та якісні (товсті).

Стабілізуючі покриття містять речовини, атоми яких легко іонізуються, чим полегшують збудження і підтримують стійке горіння дуги. Найпоширеніше стабілізуюче покриття, яке містить 80 % крейди і 20 % рідкого скла. Покриття наноситься на дріт товщиною 0,1 - 0,3 мм.

Якісні покриття містять:

газоутворювальні добавки (крохмаль, харчове і деревне борошно, декстрин тощо), які запобігають взаємодії розплавленого металу із повітрям. При горінні дуги ці речовини згорають, утворюючи вуглекислий газ та окис вуглецю, які витискають повітря із зони горіння дуги;

шлакоутворювальні добавки (титановий концентрат, марганцева руда, польовий шпат, кварц, мрамор тощо) у процесі зварювання утворюють шлак,

який ізолює поверхню розплавленого металу від повітря і сприяє повільнішому охолодженню і виходу розчинених у розплаві металу газів;

розкислювальні і легуючі добавки (феромарганець, феросиліцій, феротитан тощо), які, з'єднуючись з окислами, що потрапили у розплавлений метал, утворюють легкоплавкі шлаки, які спливають на поверхню шва. За рахунок легуючих добавок шву надаються певні властивості;

стабілізуючі речовини (сода, поташ, двоокис титану тощо) підвищують стійкість горіння дуги.

Добавки, які входять до складу якісного покриття, змішують із рідким склом і наносять на електродний дріт шаром товщиною 1 - 3 мм.

Електроди для зварювання і наплавлення сталі мають умовні позначення, які дозволяють отримати інформацію про їх призначення, режим зварювання і характеристики металу шва .

Тип електроду для зварювання включає літеру Э з двозначною цифрою через дефіс (цифра вказує на міцність зварювального шва на розтяг у кг/мм², буква А в кінці - на підвищену пластичність наплавленого металу).

Тип електроду для наплавлення включає літери ЭН - електрод наплавлювальний. Наступні літери і цифри характеризують хімічний склад наплавленого металу, %, остання цифра - міцність наплавленого шару за Роквелом (наприклад ЭН-18Г4-35, ЗН-У30Х25РС21-60 тощо).

Кожному типу електроду відповідає кілька марок. Марка електроду характеризується складом покриття, маркою електродного стержня, технологічними властивостями і властивостями металу шва.

За товщиною покриття електроди розподіляються на 4 групи залежно від відношення діаметра електроду D до діаметра електродного дроту d . Тонкі - $D/d < 1,2$, середні - $D/d = 1,2 - 1,4$, товсті - $D/d = 1,45 - 1,8$ і особливо товсті $D/d > 1,8$.

Випускають покриття шести видів:

кислі - вміщують оксид заліза, марганцю, кремнію, титану. Зварювання такими електродами ведуть на постійному і змінному і струмі;

основні - містять фтористий кальцій і карбонат кальцію. Зварювання ведуть на постійному струмі зворотної полярності. Метал шва має малу схильність до утворення тріщин, тому такі покриття часто використовують для зварювання деталей великих товщин;

целюлозні - застосовуються для зварювання деталей малих товщин на змінному струмі;

рутилові - крім інших, вміщують окис титану. Електроди з таким покриттям відрізняються високою стійкістю горіння дуги як на постійному, так і на змінному струмі.

Під час вибору типу електроду необхідно враховувати властивості металу шва, глибину проплавлення металу, просторове положення шва, гігієнічні характеристики електродів.

Діаметр електроду залежить від товщини і просторового положення зварюваної поверхні.

Кожному діаметру електроду d відповідає певний діапазон зварювального струму I . Користуючись залежністю $I = (20 + 6d) \cdot d$, можна визначити середнє значення струму. Зниження зварювального струму призводить до порушення стабільності горіння дуги, а збільшення - до перегрівання електроду, поганого формування шва, розбризкування і угару наплавленого металу.

Для зварювання необхідно використовувати електроди можливо більшої товщини, оскільки при цьому збільшується продуктивність праці і глибина проплавлення деталі. Наплавляти ж, навпаки, доцільно електродами малого діаметра, щоб зменшити нагрівання наплавленого металу.

На якість шва суттєво впливає довжина дуги. Нормальною вважається дуга довжиною 0,5 - 1,2 діаметра електроду.

Особливості зварювання і наплавлення чавунних деталей. Зварювання чавуну має певні труднощі, пов'язані з відбілюванням металу в навколошовній зоні, різким переходом під час нагрівання з твердого стану у рідкий, можливістю утворення тріщин.

При швидкому охолодженні розплавленого або нагрітого до температури вище 750°C сірого чавуну графіт легко переходить у цементит (Fe_3C), сірий чавун відбілюється, стає твердим, крихким, погано піддається механічній обробці.

Відсутність перехідного пластичного стану чавуну під час нагрівання до температури плавлення призводить до того, що метал із твердого стану відразу переходить у рідкий. Тому зварювальні поверхні чавунних деталей повинні розміщуватись строго горизонтально.

Відсутність площини текучості і низька межа міцності чавуну на розтяг призводять до утворення тріщин у навколошовній зоні.

Крім того, при зварюванні вигорають вуглець і кремній, тому утворюється велика кількість газів і шлакових з'єднань, які не встигають виділитися з розплавленого металу. Шов отримують пористим і забрудненим неметалічними включеннями. При визначенні методу плавлення враховують необхідність механічної обробки шва після зварювання, вимоги до щільності шва, умови роботи деталі тощо.

Гаряче зварювання дозволяє одержати шов високої якості, який за своїми властивостями практично не поступається матеріалу деталі. Деталь перед зварюванням нагрівають до $600 - 650^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю 1600° на годину. Після зварювання або наплавлення деталь знову кладуть у піч і охолоджують разом з нею або ж у спеціальних термосах.

Газове зварювання чавуну ведуть чавунними дротами марки А і Б діаметром 6 - 8 мм. Для зменшення вигорання вуглецю зварюють нейтральним або відновлюючим полум'ям.

Для гарячого електродугового зварювання використовують електроди ОМЧ-1, які складаються із чавуну марки Б і мають спеціальну графітизовану обмазку. Зварюють на постійному струмі зворотної полярності короткими валиками (25 - 30 мм).

Попереднє підігрівання деталі забезпечує достатню графітизацію чавуну у зоні зварювання і запобігає з'явленню тріщин. Але для

великогабаритних деталей воно потребує спеціального обладнання, великих затрат енергії. Під час нагрівання можливе жолоблення деталей, тому інколи застосовують місцеве попереднє підігрівання деталей до 300 - 400° С

Найпоширеніше *холодне зварювання* чавуну, під час якого застосовують спеціальні технологічні прийоми і електроди, які запобігають відбілюванню чавуну. З метою зменшення нагрівання деталі і вигорання вуглецю та кремнію зварювання ведуть на постійному струмі зворотної полярності електродом діаметром 2 - 4 мм. У цьому випадку встановлюють понижену величину струму. ($I = 25 - 30d$).

Зварювання тріщин виконують методом «відпалюваних» валиків (рис. 2.3) за допомогою сталевих маловуглецевих електродів (наприклад Е - 34 з крейдовою обмазкою або електродом УОНИ 13/55). Краї тріщин обробляють під кутом 90°. Після накладання короткого валика відразу ж на нього накладають другий валик, який відпалює перший, і так до повного заповнення оброблюваної ділянки. Під час «відпалювання» цементит розпадається, а загартована частина шва відпускається і нормалізується. Метал шва стає ненапруженим і пластичним.

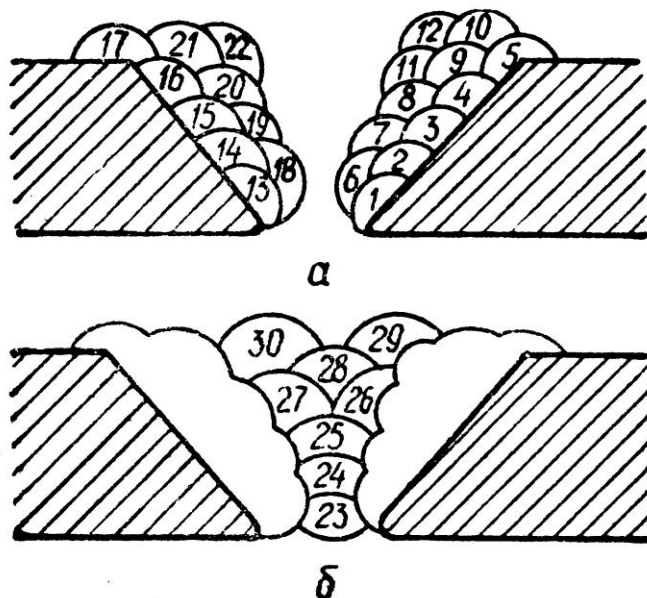


Рис. 2.3. Зварювання чавунних деталей методом відпалювальних валиків:
а, б - послідовність накладання відповідно відпалювальних і з'єднувальних валиків

Для чавунних деталей із товстими стінками з метою збільшення міцності зварювального з'єднання застосовують різні підсилювальні елементи - шпильки, болти або скоби, виготовлені з маловуглецевої сталі. Зварювання починають навколо підсилювального елемента, а потім накладають «відпалювальні» валики по всій довжині тріщини.

Добрі результати дає зварювання високоміцного чавуну електродами на основі нікелю ПАНЧ - 11, ПАНЧ - 12, ЦЧ - 3А. Шов одержують пластичний, достатньо міцний, без тріщин, пор. Він добре обробляється.

Коли не потрібна висока міцність шва, зварюють мідно-залізними (ОЗЧ - 2) або мідно-нікелевими електродами (МНЧ - 2, стержні яких виготовлені з монель-металу - 28 % міді і 65 % нікелю та ін.).

В окремих випадках використовуються й інші способи зварювання чавунних деталей.

Зварювання алюмінію і його сплавів. Алюміній і його сплави легко окислюються на повітрі, тому поверхні деталей завжди покриті щільною і міцною плівкою оксиду алюмінію, температура плавлення якого (2050°C) набагато перевищує температуру плавлення алюмінію (650°C). Під час нагрівання деталі метал розплавляється під окисною плівкою. Крім того, коефіцієнт розширення алюмінію у два рази, а теплопровідність у три рази вищі, ніж у сталі. Тому при зварюванні деталі метал прогрівається навіть на значній відстані від місця зварювання, що призводить до виникнення значних деформацій. Процес зварювання ускладнюється високою рідко текучістю металу і тим, що перехід із твердого стану в рідкий не супроводжується зміною кольору деталі. Шлак, який утворюється при деяких видах зварювання, має щільність більшу, ніж розплавлений алюміній, тому він не спливає на поверхню і забруднює зварювальний шов.

Газове зварювання алюмінієвих деталей проводять за допомогою алюмінієвого присадного дроту, покритого тонким шаром флюсу АФ - 4А,

АН - 4А, АН - А201 або ж непокритим дротом, опускаючи періодично нагрітий його кінець у флюс.

Алюмінієво-кремнієві сплави (силуміни) зварюють газовим полум'ям без флюсу. Окисну плівку в цьому випадку видаляють стальними гачками. Розплавлений метал утримують від розтікання стальними або глиняними підкладками.

Електродугове зварювання чистого алюмінію і сплавів типу А6, АДО, АДІ виконується електродами ОЗА - 1, АФ - 1 або АФ - 4, а алюмінієво-кремнієвих сплавів типу АМц, АМГ, АЛ - 9 тощо - електродами ОЗА - 2.

Зварюють на постійному струмі зворотної полярності короткою дугою. Силу зварювального струму I можна визначити за формулою:

$$I=40d,$$

де d - діаметр електроду, мм.

Для зменшення жолоблення і запобігання утворенню тріщин деталі перед зварюванням підігрівають до 200 - 350° С.

Зараз поширене електродугове зварювання алюмінію неплавким електродом у середовищі інертного газу - аргону. Присадний алюмінієвий дріт вводять в дугу, яка горить між неплавким вольфрамовим електродом і деталлю. Зварювання можна вести на постійному струмі оберненої полярності або на змінному. Для аргонодугового зварювання випускаються установки УДАР – 300 - 1, УДАР 500 - 1, УДГ - 301, УДГ - 501.

Особливості зварювання деталей із спеціальних сталей. Спеціальні сталі, що застосовуються у сільському господарстві, вміщують значну кількість легуючих елементів і відносяться до групи обмежено або погано зварюваних сталей. Електродуговим зварюванням нержавіючі і вогнетривкі спеціальні сталі зварюють при змінному або постійному струмі зворотної полярності. Для зварювання застосовують 27 типів електродів, у маркуванні яких вказується тип покриття і клас сталей, для яких вони призначені (А - аустенітні, Ф - феритні і АФ - аустенітоферитні). Наприклад, ЦЛ-11-3А-1Б-4,0 - електроди з покриттям ЦЛ-11 для аустенітних сталей діаметром 4 мм.

Найпоширеніші хромонікелеві сталі, які не містять титану або ніобію, при нагріванні до 400 - 800° С втрачають свої антикорозійні властивості і стають крихкими внаслідок виділення карбідів хрому по межах зерен. Під час зварювання можуть виникати гарячі тріщини. Після зварювання для відновлення антикорозійних властивостей деталі нагрівають до 850 °С (карбіди хрому розплавляються) і швидко охолоджують у воді. Такий вид термообробки називають стабілізацією. Аустенітні сталі нагрівають до 1000 - 1150 °С і швидко охолоджують у воді. Така термообробка підвищує пластичність, ударну в'язкість і стійкість до корозії.

Добрі результати одержують при зварюванні спеціальних сталей у середовищі захисних газів. Невідповідальні з'єднання можна зварювати у середовищі вуглекислого газу, відповідальні - у середовищі аргону (чистого або більш дешевого технічного).

Газове зварювання спеціальних сталей проводять нормальним полум'ям. Окисне полум'я не допускається, бо викликає вигорання хрому та інших легуючих елементів. Присадний дріт повинен відповідати матеріалу зварюваної деталі, наприклад, Св-02Х19Н9 та Св-06Х19Н9Т. Зварювання ведуть лівим або правим способом. Для поліпшення якості шва використовують флюс (наприклад, НЖ - 8). Термообробка проводиться так, як і при електродуговому зварюванні.

2.2. Механізоване зварювання і наплавлення

Основні параметри режимів наплавлення та їх взаємозв'язок. Механізація зварювально-наплавлювальних робіт вирішує дві головні задачі: різке підвищення продуктивності праці і поліпшення якості зварювального шва та наплавленого на деталь шару металу.

Механізація зварювально-наплавлювальних операцій передбачає поперечне і поздовжнє переміщення електроду відносно деталі, регулювання частоти обертання, що у зварювальних і наплавлювальних установках забезпечується відповідними механізмами. Ці кінематичні характеристики

механізованого процесу зварювання (наплавлення) регламентуються параметрами технологічних режимів: швидкістю поперечної подачі електроду (електродного дроту), кроком наплавлення і частотою обертання деталі. Залежно від повноти сукупності цих характеристик механізованого зварювання розрізняють такі види наплавлення, напівавтоматичне зварювання - механізована тільки подача електроду, автоматичне зварювання і наплавлення - механізовані подача електроду, частота обертання деталі і її поздовжнє переміщення.

Розглянемо загальний підхід до розрахунку параметрів технологічного процесу наплавлення деталей на прикладі автоматичного наплавлення тіл обертання (вали, осі тощо).

Поверхня деталі після наплавлення характеризується певними геометричними параметрами, пов'язаними з параметрами технологічних режимів наплавлення (рис. 2.4).

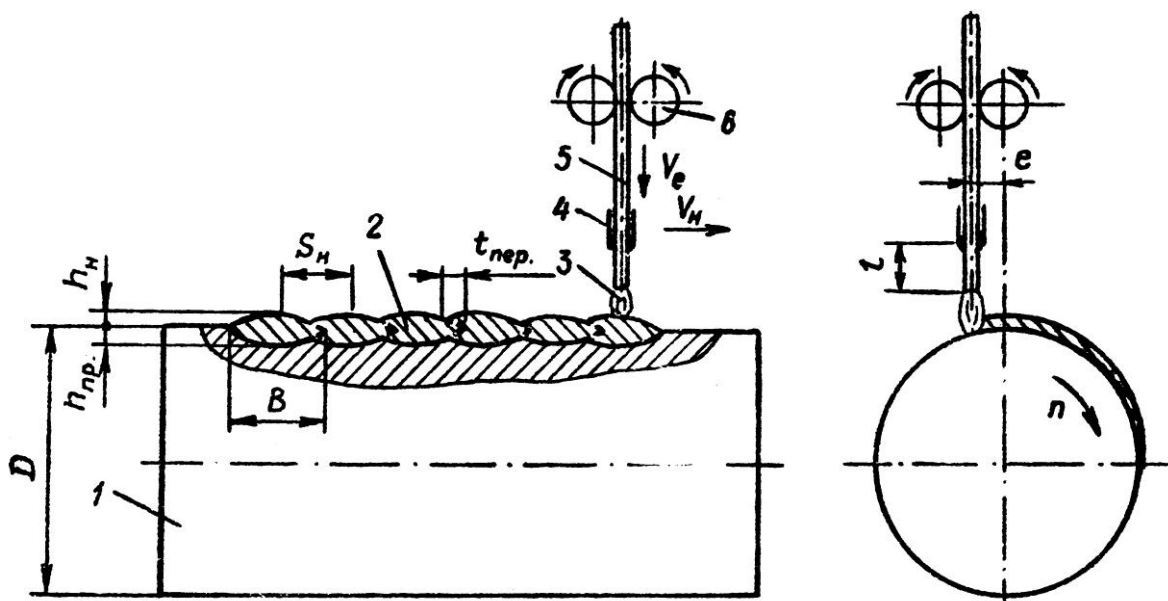


Рис. 2.4. Схема до розрахунку технологічних режимів наплавлення:

- 1 - деталь; 2 - наплавлений шар; 3 - дуга; 4 - мундштук;
- 5 - електродний дріт; 6 - подавальний механізм;
- e - зміщення електроду із zenіту; l - виліт електроду

Висота наплавлення (h_n) повинна забезпечувати повну компенсацію зношеного шару з урахуванням величини максимального зносу і припуску на механічну обробку, тобто має витримувати» умова:

$$h_n = U_{\max} + z,$$

де U_{\max} - максимальний знос; z - припуск на обробку.

Для забезпечення щільності наплавленого шару і згладжування нерівностей, що дозволяє зменшити припуск на обробку і полегшує умови для механічної обробки, кожний наступний валик повинен перекривати попередній на 0,3 - 0,5 своєї ширини (B). Перекриття (t_{nep}) регулюється поздовжньою подачею електроду за один оберт деталі (крок наплавлення S_n).

Наплавлений валик повинен мати певну форму, забезпечуючи повне проварювання по всій його поверхні і неглибоке проплавлення основного металу, що залежить і від електричних параметрів електродугового процесу. У цей зв'язок повинні ввійти висота наплавленого шару і діаметр деталі.

Таким чином, формування наплавленого шару на поверхні деталі заданого діаметра із визначеними якостями і геометричними характеристиками визначається, головним чином, технологічними режимами, пов'язаними з кінематичними параметрами установи для наплавлення, діаметром деталі і електродного дроту, а також електричними параметрами дуги.

Встановимо перед усім залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту і частоти обертання деталі.

Швидкість подачі електродного дроту можна визначити, використовуючи такий підхід.

Довжина електродного дроту, який подається за одиницю часу механізмом подачі, чисельно дорівнює швидкості подачі, а її маса визначається залежністю:

$$m_e = \frac{\pi d_c^2}{4} v_e \gamma_e,$$

де d_e, v_e, γ_e - відповідно діаметр, швидкість подачі і питома маса електродного дроту.

За ту ж одиницю часу під впливом електричного струму маса електродного дроту m_e повинна розплавитись, що виражається співвідношенням:

$$m_e^p = \alpha_p I_n,$$

де α_p - коефіцієнт розплавлення металу електродного дроту; I_n - струм наплавлення.

Виходячи із фізичної рівності $m_e = m_e^p$, одержимо залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту:

$$v_e = \frac{4\alpha_p I_n}{\pi d^2 \gamma_e}.$$

Розмірності: α_p - г/А·год, d_e - мм, γ_e - г/см³, v_e - м/год.

Швидкість подачі електродного дроту може змінюватись внаслідок коливань електричних і кінематичних параметрів механізму привода подачі, що призводить до зміни довжини дуги. Але при цьому змінюється й сила струму. Із зменшенням довжини дуги опір падає і струм наплавлення зростає, а разом з тим збільшується швидкість плавлення електродного дроту, в результаті чого збільшується довжина дуги; із збільшенням довжини дуги йде зворотний процес. Таким чином, під час механізованого наплавлення має місце саморегулювання дуги, що забезпечує автоматизацію процесу наплавлення.

Стійкість саморегулювання дуги пов'язана з характеристикою джерела живлення, вибір якого залежить від конкретного виду механізованого наплавлення.

Для проведення автоматичного наплавлення тіл обертання необхідно знайти частоту обертання деталі. Цей параметр легко визначити, якщо знати швидкість наплавлення.

Для вирішення поставленої задачі розглянемо об'ємний елемент наплавленого шару з прямокутним (при деяких допущеннях) перерізом $S_n \times h_n$ і довжиною, рівною швидкості наплавлення. Маса такого елемента визначається співвідношенням:

$$m_n = S_n h_n v_n \gamma_{nm},$$

де γ_{nm} - питома маса наплавленого металу;

v_n - швидкість наплавлення (колова швидкість деталі).

З другого боку маса елемента наплавленого шару дорівнює масі розплавленого за одиницю часу електроду без втрат на угар і розбризування, які враховуються коефіцієнтом втрат η . Тому, використовуючи залежність для m_e , можна записати:

$$m_n = \frac{\pi d_e^2}{4} v_e \gamma_e \eta.$$

Із формул раніше приведених залежностей одержимо:

$$v_n = \frac{\pi d_e^2 v_e \gamma_e}{4 S_n h_n \gamma_{nm}} \eta.$$

Для суцільного дроту можна прийняти, що $\gamma_e = \gamma_{nm}$ (для порошкового дроту $\gamma_e = 6,5 \text{ г/см}^3$, а $\gamma_{nm} = 7,8 \text{ г/см}^3$, тоді для суцільного дроту:

$$v_n = \frac{\pi d_e^2 v_e}{4 S_n h_n} \eta.$$

Розмірність: d_e, h_n, S_n - мм, v_n і v_e - у $\text{м}^3/\text{год}$.

Враховуючи, що швидкість наплавлення чисельно дорівнює колій швидкості деталі, можна записати:

$$v_n = \frac{\pi D_o n 60}{1000},$$

де v - швидкість наплавлення, м/год;

D_o - діаметр деталі, мм (для розрахунку приймається номінальний);

n - частота обертання деталі, хв^{-1} .

З цих формули одержимо:

$$n = 5,31 \frac{v_d}{D_d}.$$

Слід мати на увазі, що розглянуті розрахункові технологічні залежності мають наближений характер, оскільки на формування наплавленого валика впливають і інші фактори складного дугового процесу наплавлення. Разом з тим при налагодженні технологічного процесу наплавлення розрахункові залежності дозволяють регулювати процес у потрібному напрямку, оскільки в них відображений взаємозв'язок основних параметрів.

При наплавленні тіл обертання необхідно також враховувати можливість стікання наплавленого металу у напрямку обертання деталі. У зв'язку з цим дугу (електрод) зміщують із zenіту деталі у бік, протилежний її обертанню.

На формування валика впливає також виліт електроду, тобто довжина вільного кінця від мундштука. Із його збільшенням збільшується опір, а сила струму і глибина проплавлення зменшуються із-за певних умов може бути не проварювання основного металу.

Отже, до основних технологічних параметрів режимів механізованого наплавлення деталей відносяться: напруга електричної дуги, сила струму наплавлення, швидкість подачі електродного дроту і наплавлення (частота обертання деталі), крок наплавлення (поздовжня подача електроду), зміщення електроду із zenіту, виліт електроду. Вихідними параметрами є діаметри деталі електроду.

Для окремих видів механізованого наплавлення до режиму можуть відноситись і інші параметри, наприклад амплітуда і частота коливань електроду при вібродуговому наплавленні. Вибір параметрів режимів механізованого наплавлення залежить від його виду, величини зношеного шару, матеріалу і діаметра деталі, вимог до фізико-механічних властивостей наплавленого металу.

Наплавлення під шаром флюсу полягає у тому, що між електродним дротом і деталлю, з'єднаними із полюсами джерела живлення, виникає електрична дуга. У зону її горіння (рис. 2.5) безперервно надходить гранульований флюс. Під дією високої температури дуги (6000 - 7500 °С) флюс частково розплавляється і утворює на поверхні розплавленого металу оболонку, яка захищає зону наплавлення від зовнішнього середовища, запобігає розбризкуванню металу, утворенню парів, вигорянню вуглецю і легуючих елементів. Після охолодження металу розплавлений флюс твердіє, утворюючи на поверхні наплавленого валика шлакову кірку, яку видаляють.

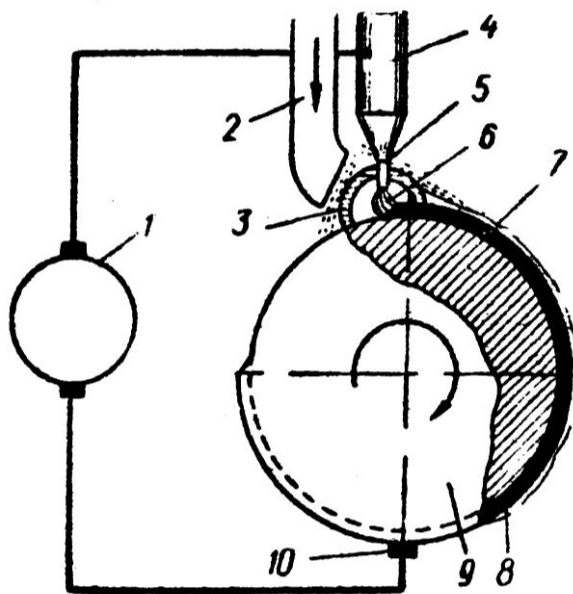


Рис. 2.5. Схема наплавлення під шаром флюсу:

- 1 - джерело живлення електричної дуги; 2 - пристрій для подачі флюсу;
 3 - захисна оболонка; 4 - мундштук; 5 - електродний дріт; 6 - електрична дуга;
 7 - шлакова кірка; 8 - наплавлений шар; 9 - деталь; 10 - підведення струму до деталі

Обладнання для наплавлення під шаром флюсу має зварювальну головку, джерело живлення і токарний або спеціальний верстат. Для механізованого наплавлення застосовують автомати (головки) А - 580М, А - 874Н, ОДС - 1252М тощо, для напівавтоматичного зварювання - шлангові напівавтомати ПШ - 54, ПДШМ - 500.

На спеціалізованих ремонтних підприємствах використовують спеціальні установки, наприклад для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків і натяжних коліс (ОКС-11200, ОКС-11235), валів та інших деталей, які мають форму тіл обертання (СН-2, УД-209) тощо.

Джерелом живлення є зварювальні агрегати типу ПС-300 і ПСГ-500 та випрямлячі типу ВС-300 і ВДУ-504 з падаючою характеристикою.

Наплавлення переважно ведуть на постійному струмі зворотної полярності, що дозволяє підтримувати високу стабільність процесу і раціонально використовувати температуру електричної дуги, тобто більше тепла підводити до електричного дроту і менше до деталі.

Фізико-механічні властивості наплавленого поверхневого шару деталі можуть змінюватися у достатньо широких межах, залежно від марки електродного дроту, флюсу і режимів наплавлення.

Для наплавлення під шаром флюсу застосовують сталевий зварювальний дріт діаметром 1 - 3 мм типу Св і Нп без захисного покриття. Марку дроту вибирають залежно від хімічного складу матеріалу наплавленої деталі. Наприклад, для наплавлення деталей з маловуглецевих сталей рекомендується застосовувати низьковуглецеві дроти Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-08ГС тощо. Для одержання стійких покриттів використовують дроти з вуглецевих і легованих сталей: Нп-40, Нп-65Г, Нп-3ОХГСА, Нп-40Х13 та ін.

Флюси, які застосовуються під час наплавлення, за способом виготовлення поділяються на два основних види: плавлені і керамічні.

Плавлені флюси виготовляють сплавленням компонентів, після чого одержану масу подрібнюють і розмелюють (гранулюють). Залежно від розміру гранул розрізняють дрібнозернисті (0,4 - 2,5 мм) і крупнозернисті (1,6 - 4,0 мм) флюси. До складу плавлених флюсів входять шлакоутворювальні, газоутворювальні та іонізуючі речовини, а також розкислювачі, які захищають метал від окислення і сприяють формуванню наплавленого валика, розкислюють розплавлений метал, стабілізують

горіння дуги. Але такі флюси не надають високої твердості наплавленому шару, оскільки не містять легуючих елементів. Для відновлення деталей сільськогосподарської техніки найчастіше застосовують плавлені флюси АН-348А, АН-60 і ОСЦ-45, які у поєднанні з електродним дротом, що має легуючі добавки, дозволяють одержати наплавлений шар без пор і тріщин твердістю до HRC 45.

Керамічні флюси, крім стабілізуючих і шлакоутворюючих компонентів, містять ще й легуючі елементи (феротитан, ферохром тощо), які при наплавленні маловуглецевим дротом Св-08 дозволяють одержати наплавлений шар високої міцності і стійкості проти зношування. Температура плавлення феросплавів у 1,5 - 2 рази вища, ніж решти компонентів, тому керамічні флюси не можна виготовити за допомогою сплавлення. У цьому випадку всі компоненти флюсу подрібнюють, просіюють і змішують у заданих співвідношеннях, додаючи рідке скло. Одержану масу гранулюють, висушують і прокалюють при температурі 300 - 400 °С протягом 2 год.

У ремонтному виробництві застосовують керамічні флюси АНК-18 і АНК-19.

Потрібні властивості (твердість, стійкість проти зношування) наплавленого шару одержують, поєднуючи різні флюси і електродний дріт (табл. 2.1).

Таблиця.2.1

Залежність твердості наплавленого шару від наплавлених матеріалів

Флюс	Електродний дріт	Твердість шару після наплавлення, HRC
АН34А	Св-08Г2С	18 - 20
	Св-18 ХГСА НП-40	25 - 28
	Х13 Св-08	40 - 45
АНК-18	Св-08Г2С	38 - 43
		41 - 45

У випадку відсутності необхідних керамічних флюсів можна приготувати суміші, додаючи у плавлений флюс, наприклад А-348А, чавунну стружку (до 40%), графіт (4 - 6%) або феросплави (до 20 % ферохрому). Застосування таких флюсів-сумішей дозволяє одержати наплавлений шар однорідного хімічного складу, високої твердості і стійкості проти зношування.

Якість наплавленого металу суттєво залежить від режимів процесу (табл. 2.2), які вибирають з урахуванням товщини наплавлюваного шару і форми деталі. Наплавлення під шаром флюсу ведуть при напрузі 26 - 36 В і щільності струму до 50 - 100 А/мм² перерізу електродного дроту.

Таблиця 2.2

Режими наплавлення під шаром флюсу

Діаметр деталі, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Крок наплавлення, мм	Зміщення електроду із зеніту, мм
50	1,6	140	16-24	75	3,0	2
60	1,6	170	16-28	по	3,5	3
75	2	180	16-32	125	4,5	5
100	3	220	16-32	160	5,6	8
200	3	250	16-36	180	6,7	10

Наплавлення під шаром флюсу має ряд переваг: продуктивність у 5 - 10 разів вища порівняно з ручним наплавленням, широкі можливості одержання потрібних механічних властивостей наплавленого шару, економна витрата електроенергії і електродного дроту, поліпшені умови праці зварювальника (закрита дуга).

До недоліків слід віднести: складність утримання флюсу на поверхні деталей діаметром менше 50 мм, необхідність відокремлення шлакової кірки,

швидке й глибоке прогрівання, яке призводить до зміни фізико-механічних властивостей і деформації деталі.

Наплавлення під шаром флюсу доцільно застосовувати при відновленні деталей, які мають відносно великий знос (понад 2 мм).

Наплавлення у середовищі захисних газів. Розплавлений метал можна захищати від дії кисню і азоту повітря струменем газу, який витискає повітря із зони горіння електричної дуги.

При зварюванні і напавленні застосовують такі захисні гази, як аргон, гелій (для всіх металів), азот (для міді та її сплавів), вуглекислий газ, водяну пару (для сталі і чавуну).

У ремонтному виробництві використовують зварювання і напавлення у середовищі вуглекислого газу, які забезпечують високу якість при низькій собівартості відновлення деталей (рис. 2.6).

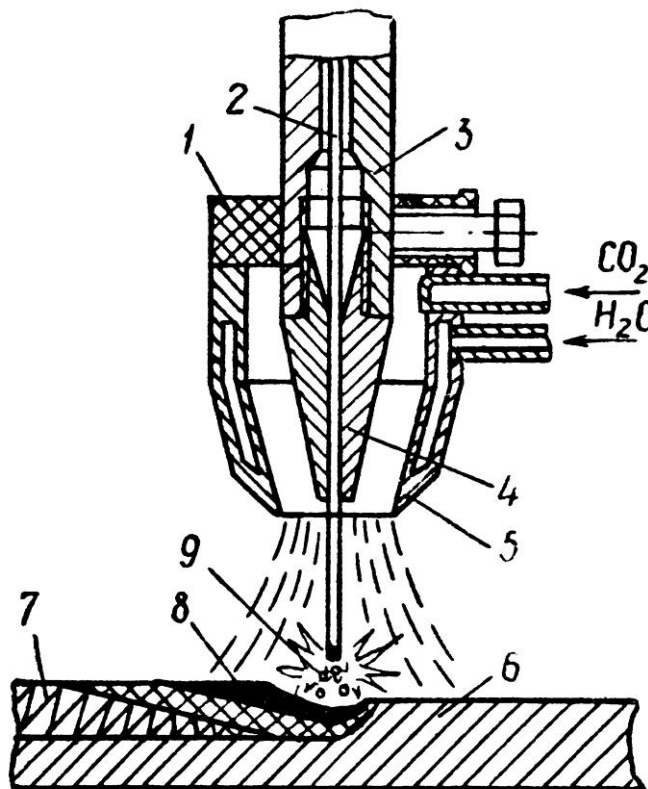
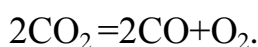


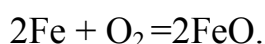
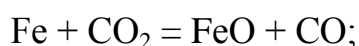
Рис. 2.6. Схема напавлення у середовищі вуглекислого газу:

- 1 - мундштук; 2 - електродний дріт; 3 - мундштук;
- 4 - наконечник; 5 - сопло; 6 - деталь; 7 - напавлений шар;
- 8 - зварювальна ванна рідкого металу; 9 - електрична дуга.

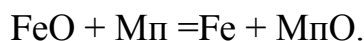
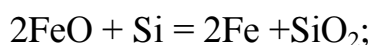
Електродний дріт безперервно подається у зону наплавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений всередині мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, в якій перемішуються метали електроду і деталі. У зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем повітря. З одного боку вуглекислий газ захищає метал від навколишнього середовища, з іншого - розкладається при високій температурі дуги і окислює розплавлений метал:



Під час наплавлення високовуглецевої сталі окислення відбувається від взаємодії вуглекислого газу і кисню із залізом:



Ці процеси супроводжуються інтенсивним вигоранням вуглецю, легуючих елементів, появою пор у наплавленому шарі. Для усунення цього рекомендується застосовувати електродний дріт, що містить кремній і марганець, за допомогою яких відбувається розкислення наплавленого металу і видалення окислів із зварювальної ванни:



Для наплавлення у середовищі вуглекислого газу застосовують наплавлувальні головки (АБС, А-384, А-580 тощо), джерела живлення (ВС-200, ВСУ-300, ПСГ-300, ПСГ-500 тощо), підігрівач та осушувач газу, редуктор-витратомір (ДРЗ-1-5-7) або ротаметри (РС-3, РКС-65). До комплекту газової апаратури входить балон з вуглекислим газом (тиск 7,5 МПа), який містить 25 кг вуглекислоти. За нормальних умов ($t = 0^\circ\text{C}$, $P_{\text{атм}} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101,3 \text{ КПа}$) після випарування 1 кг вуглекислоти утворюється близько 500 л вуглекислого газу.

Наплавлення у середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі зворотної полярності. Марку електродного дроту вибирають залежно від матеріалу відновлюваної деталі і потрібних фізико-механічних властивостей наплавлюваного металу. Для наплавлення середньовуглецевих сталей застосовують дроти Св-0,8ГС, Св-08Г2С, Нп-3ОХГСА діаметром 0,5 - 2,5 мм, які дозволяють одержати твердість наплавленого шару НВ 220-290. Щоб одержати більш високу твердість, необхідно провести цементацію, гартування СВЧ або використати порошкові дроти.

На якість наплавленого шару поряд з матеріалом електродного дроту впливають також режими наплавлення (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Режими наплавлення у середовищі вуглекислого газу

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлюваного шару, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Напруження, В	Швидкість наплавлення, м/год	Зміщення електроду із зеніту, мм	Крок наплавлення, мм	Виліт електроду, мм	Витрата СО ₂ , л/год
10	0,5	0,8	70	16	40	2	2,5	7	360
20	0,8	1,0	85	18	40	3	2,8	8	360
30	1,0	1,2	90	19	35	5	3,0	10	360
40	1.2	1,4	110	20	30	6	3,5	10	480

Сила струму наплавлення визначається напругою на дюзі, швидкістю подачі і діаметром електродного дроту (площею поперечного перерізу електроду). Швидкість подачі дроту встановлюють з таким розрахунком, щоб у процесі наплавлення не було короткого замикання і обриву дуги. Швидкість наплавлення встановлюють залежно від товщини і якості формування наплавлюваного шару.

Витрата вуглекислого газу залежить, в основному, від величини зварювального струму. Для нормального захисту зони наплавлення від повітря необхідно витратити близько 600 л вуглекислого газу на годину при зварювальному струмі $I_{зв} = 200$ А. Недостатня кількість вуглекислого газу у зоні наплавлення призводить до появи пор у наплавленому шарі.

Виліт електродного дроту суттєво впливає на якість наплавлюваного металу і залежить від діаметра дроту та його питомого електричного опору. При великому вильоті сопло пальника віддаляється від поверхні деталі, захист зони наплавлення погіршується, внаслідок чого з'являються дефекти у наплавленому шарі - електродний дріт перегрівається і перегорає, при малому - сопло закупорюється бризками металу і обгорає.

Наплавлення у середовищі захисних газів має ряд переваг: високу продуктивність (не нижча наплавлення під шаром флюсу); відсутність шлакової кірки; високий ступінь щільності дуги, що сприяє незначним нагріванню деталі і її деформації; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8 - 1,5 мм); низьку вартість робіт при використанні активних газів (CO_2 , водяної пари, сумішей газів).

Наплавлення у середовищі захисних газів застосовують при відновленні деталей складної форми, багат шаровому наплавленні сплавів з високим вмістом домішок, які погіршують відокремлення шлакової кірки, наплавленні дрібних деталей діаметром від 10 мм.

Вібродугове наплавлення відрізняється від розглянутих раніше способів механізованого наплавлення тим, що кінець електроду здійснює коливальні рухи у площині, перпендикулярній площині наплавлення, а наплавлений шар охолоджується струменем рідини.

Установка для вібродугового наплавлення (рис. 2.7) складається із головки, закріпленої на супорті токарного верстата, яка має вібратор і механізм подачі електродного дроту, джерела струму, додаткового індуктивного опору (дроселя), системи подачі охолоджувальної рідини.

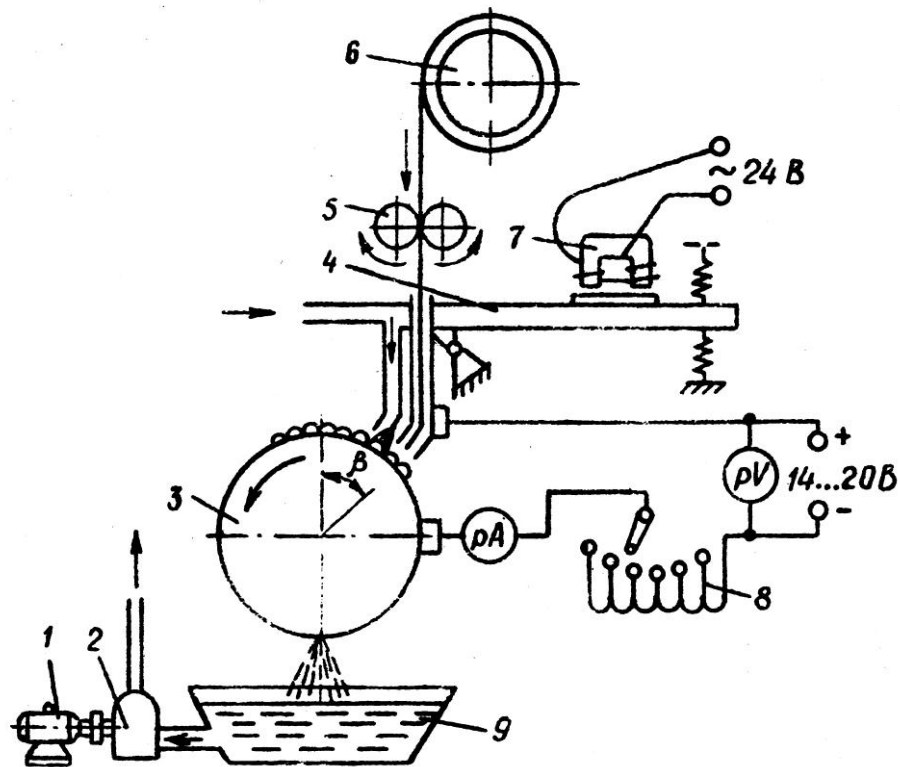


Рис. 2.7. Схема вібродугового наплавлення:

- 1 - електродвигун; 2 - насос 3 - деталь; 4 - вібруючий мундштук; 5 - механізм подачі дроту; 6 - касета електродного дроту; 7 - вібратор; 8 - індуктивний опір; 9- місткість із охолоджувальною рідиною

У процесі наплавлення вібруючий електрод періодично замикає зварювальне коло, змінюючи в ньому напругу і струм. У кожному циклі вібрації можна виділити три періоди: короткого замикання, дугового розряду і холостого ходу. У момент короткого замикання напруга на дузі падає майже до нуля, а сила струму підвищується до максимального значення. При відході електроду від деталі напруга у колі миттєво підвищується до 18 - 24 В, внаслідок дії електрорушійної сили самоіндукції і виникає короткочасний дуговий розряд. Електродний дріт розплавлюється і краплі розплавленого металу переносяться на деталь. При подальшому відході електроду від деталі горіння дуги переривається і настає період холостого ходу, який продовжується до наступного короткого замикання, після чого цикл повторюється.

У період дугового розряду виділяється 80 - 85 % тепла, яке витрачається на розплавлення електроду і утворення зварювальної ванни. Збільшити кількість виділеного тепла, а значить, і продуктивність наплавлення, можна за рахунок скорочення або виключення періоду холостого ходу, що досягається певним поєднанням величини напруги, індуктивності та амплітуди вібрації електроду.

Під час наплавлення мундштук разом із дротом вібрує з частотою 50 - 110 Гц і амплітудою 1,5 - 3,2 мм, що сприяє перенесенню розплавленого матеріалу електродного дроту невеликими порціями, забезпечуючи якісне формування валиків.

Наплавляти можна на постійному та змінному струмі. Постійний струм забезпечує кращу стабільність процесу. Полярність струму впливає на якість наплавленого шару і його зчеплення з основним металом. Ці показники кращі при напавленні вібродуговим способом на струмі оберненої полярності.

Джерелом живлення електричної дуги при вібродуговому напавленні є генератори типу АНД-500/250, випрямлячі ВС-300 і ВС-600, перетворювачі ПД-305 і ПСГ-500. Індуктивним опором є дросель РСТЕ-34, включений у зварювальне коло послідовно.

Зараз установки для вібродугового напавлення комплектують головками типу ОКС-6569 з механічними і УАНЖ-6 з електромагнітними вібраторами.

Рекомендовані режими вібродугового напавлення сталейних деталей на струмі зворотної полярності при напрузі дуги 12 - 15 В наведені у табл. 2.4.

Структура і твердість напавленого шару залежать від хімічного складу електродного дроту і охолоджувальної рідини. Остання у процесі напавлення виконує ряд функцій: зменшує теплову дію дуги на деталь, збільшує швидкість охолодження напавленого шару, захищає розплавлений метал від повітря, сприяє стійкому, горінню дуги за рахунок випаровування рідини та іонізації електродного проміжку.

Режими вібродугового наплавлення

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлюваного шару, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Крок наплавлення, мм	Амплітуда вібрації електроду, мм	Швидкість подачі електроду, м/год	Витрата охолоджувальної рідини, л/хв
20	0,3	0,8	100	132	1,0	1,5	36	0,2
40	0,7	1,0	120	72	1,3	1,8	24	0,4
60	1,1	1,6	150	60	1,6	2,0	48	0,5
80	1,5	2,0	180	36	1,8	2,0	60	0,6

Охолоджувальною рідиною є 3 - 6% водяний розчин кальцинованої соди або 12 - 20% водяний розчин технічного гліцерину. Рідину подають на відстані 10 - 40 мм від електроду. При зменшенні вказаної відстані підвищується швидкість охолодження наплавленого шару, збільшується середня твердість наплавленого металу, виникає велика кількість мікротріщин.

Захист розплавленого металу при вібродуговому напавленні може здійснюватись за допомогою вуглекислого газу, флюсу, водяної пари.

Для вібродугового наплавлення застосовують зварювальний вуглецевий або легований дріт діаметром 1 - 3 мм. Вибір дроту залежить від потрібної твердості та стійкості проти зношування наплавленого шару. Металопокриття має твердість 14 - 19 HRC

при використанні маловуглецевого дроту Св-08 і Св-08ГА, а при напавленні дротом Нп-30ХГСА, Нп-65 і Нп-80 валик в охолоджувальній рідині загартовується до твердості 26 - 55 HRC. Наступний валик наплавленого металу частково розплавлює попередній і створює зону

відпалення. Це призводить до неоднорідності структури і твердості наплавленого шару, що ускладнює механічну обробку деталі.

Переваги вібродугового наплавлення: незначне нагрівання і деформація деталей, одержання високої твердості і стійкості наплавленого шару без термічної обробки, можливість нанесення тонких шарів металу (до 0,1 мм), висока продуктивність при відносній простоті обладнання і технологічного процесу.

Але наплавлений із застосуванням охолоджувальної рідини шар схильний до утворення тріщин і виникнення високих розтягувальних напруг. Втомлювана міцність деталей, відновлених вібродуговим наплавленням, суттєво знижується.

Таким чином, використовувати вібродугове наплавлення доцільно для відновлення деталей, які мають малий знос і не підлягають знакозмінним навантаженням (шийки валів коробок передач і задніх мостів, штовхачів тощо).

Наплавлення порошковими електродами. Електродним матеріалом у цьому випадку є згорнута з маловуглецевої сталюї стрічки безперервна труба, заповнена порошковою сумішшю - шихтою (рис. 2.8). До складу шихти входять легуючі, газо- і шлакоутворювальні, розкислювальні та інші компоненти.

При горінні дуги шихта відстає від оболонки, що понижує якість наплавленого шару. Щоб підвищити електропровідність шихти, до неї додають до 30 % залізного порошку або розділяють осердя дроту металічними перегородками, електрично зв'язаними з оболонкою (рис. 2.8 в, г, д).

Використовують два типи порошкового дроту: із зовнішнім захистом (під шаром флюсу або у середовищі CO₂) і самозахисні.

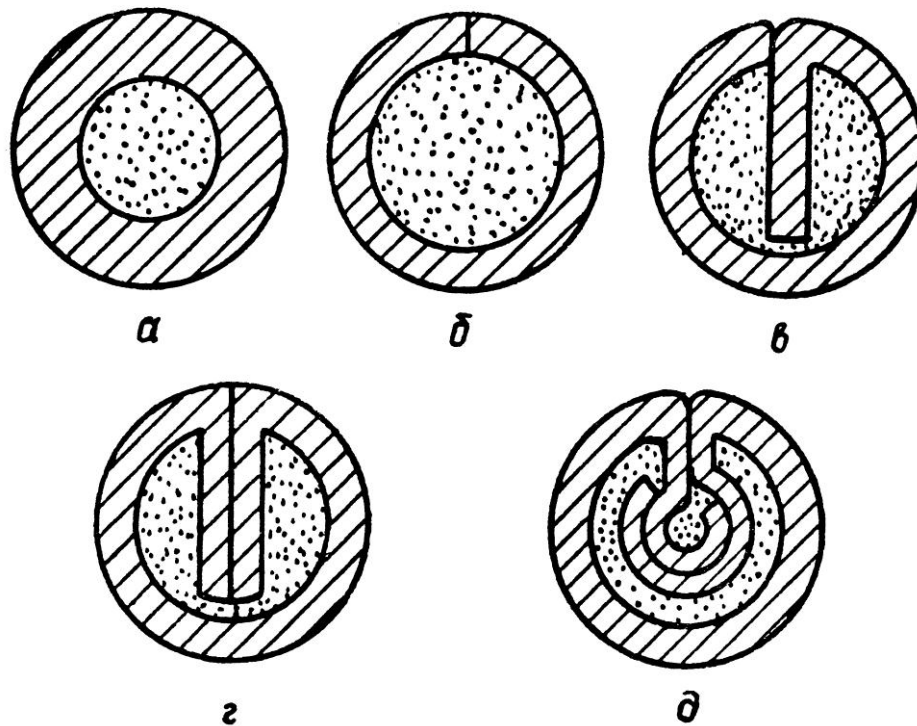


Рис. 2.8. Поперечний переріз порошкових дротів:

а, б - трубчастий; в - однозагинний; г - двозагинний; д - двошаровий

Для наплавлення порошковим дротом застосовують токарні верстати з головками А-580М і ОКС-1252М, а також спеціальні верстати УД-139, У-651, ОКС-11238. Дуга живиться від джерела струму із жорсткою зовнішньою характеристикою: зварювальні перетворювачі ПСІ-500, ПСУ-500, випрямлячі ВДУ-504, ВС-600, ВДМ-1001.

Наплавлення порошковим дротом виконують при постійному струмі оберненої полярності. Діаметр електроду залежить від товщини наплавленого шару, а силу струму вибирають залежно від швидкості наплавлення і підбраного діаметра електроду. Режими наплавлення залежно від марки електроду і діаметра деталі наведені в табл. 2.5.

Наплавлення порошковим дротом застосовують для відновлення деталей з відносно великим зносом, які працюють при знакозмінних навантаженнях або в агресивних середовищах (колінчасті вали, тарілки клапанів тощо). Поширення порошкових електродів стримується через їх високу вартість. Разом з цим наплавлення порошковим дротом має деякі

переваги перед іншими способами наплавлення: більш висока продуктивність процесу, відсутність необхідності видалення шлаку при наплавленні самоза-хисним електродом, широкі можливості керування фізико-меха-нічними властивостями наплавленого шару (твердість HRC 60) за рахунок хімічного складу шихти.

Таблиця 2.5

Режими наплавлення порошковим електродом

Електрод	Діаметр, мм		Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год
	деталі	електроду			
ПП-АН1	40-60	2,8	260-320	22-24	18-25
ПП-АН4	45-50	2,2	180-220	20-22	20-25
	50-60	2,5	200-250	22-24	20-28
ПП-АН106	40-55	2,6	160-180	22-24	25-35
	50-65	2,6	160-180	22-24	20-25
ПП-25Х5ФМС	45-55	2,6	160-180	22-24	35-40
	50-65	3,6	200-220	22-24	30-40

2.3. Плазмово-дугове наплавлення

Плазмово-дугове наплавлення полягає у використанні плазмового струменя для плавлення присадного матеріалу і транспортування його частинок на поверхню деталі. Плазмою називають високотемпературний частково або повністю іонізований газ. Плазмовий струмінь одержують пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому каналі плазмового пальника, що охолоджується водою (рис. 2.9). Проходячи через канал, стовп дуги стискається, ступінь іонізації дугового проміжку, в якому утворюється плазмовий струмінь, збільшується, а температура підвищується до 15 - 18 тис. градусів.

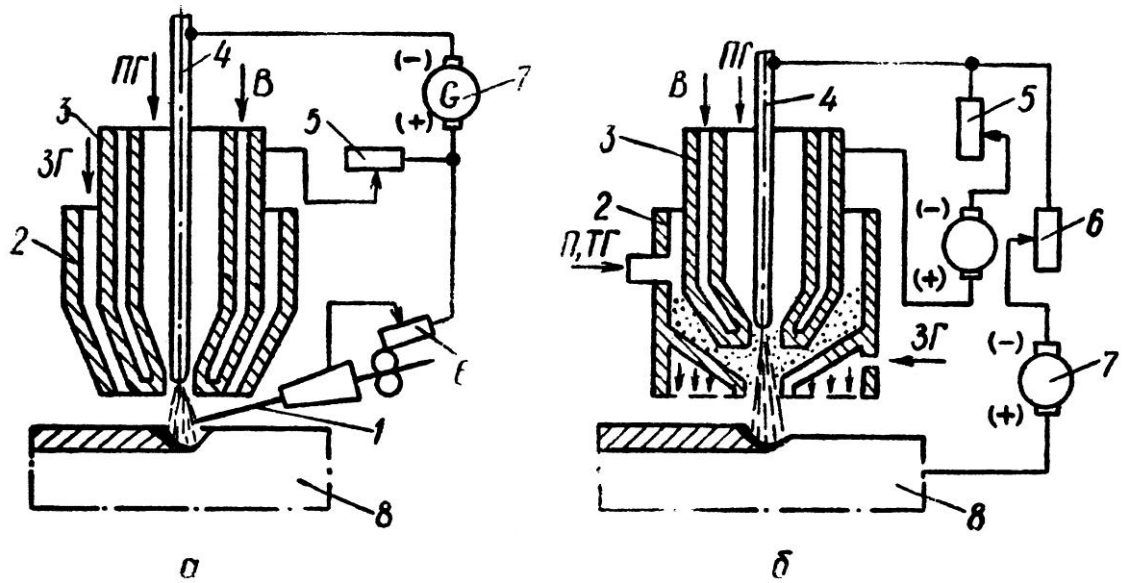


Рис. 2.9.Схема плазмово-дугового наплавлення присадним дротом (а) і металічним, порошком (б):

В - вода; ПГ - плазмоутворювальний газ; ЗГ - захисний газ;
 ТГ - транспортуєчий газ; П - присадний порошок; 1 - присадний дріт;
 2 - мундштук; 3 - сопло плазмового пальника; 4 - вольфрамовий електрод;
 5, 6 - змінні опори; 7 - джерело струму; 8 - деталь

Присадним матеріалом для нанесення покриття є дріт або гранульовані металічні порошки, плазмоутворювальними газами - аргон, азот, гелій, водень. Для захисту наплавленого шару від дії зовнішнього середовища використовують аргон, азот, гелій та їх суміші, а також вуглекислий газ.

Обладнання для плазмового наплавлення - джерело живлення (зварювальний перетворювач типу ПСО-500 або випрямляч ППН-160/600), плазмовий пальник (плазмотрон), механізми переміщення пальника і подачі електродного дроту або порошкового матеріалу, системи охолодження.

Для нанесення покриттів за допомогою плазми розроблені установки УМП-6 і УПУ-3Д, призначені для одержання стійких проти зношування, корозії і високих температур покриттів шляхом напилювання металічних і керамічних порошкових матеріалів.

За способом підключення до джерела струму плазмові пальники умовно поділяються на пальники із залежною (прямою) і незалежною (побічною) дугою та змішаним підключенням.

У пальниках із прямою дугою струм протікає між вольфрамовим (неплавким) електродом (катодом) і деталлю (анодом). Плазмовий струм поєднаний з дуговим розрядом, що призводить до передачі значної кількості тепла до деталі. Тому пряму дугу доцільно використовувати для різання металів.

У пальниках з незалежною дугою катодом є вольфрамовий електрод, а анодом - сопло плазмоутворювального пальника. У цьому випадку температура плазми перед виходом із сопла пальника на 25 - 30 % вища, ніж біля зовнішнього плазмового струменя. Пальники з незалежною дугою застосовують для напилення тугоплавких порошків на поверхню деталі.

При змішаному підключенні пальника між вольфрамовим електродом і соплом запалюється допоміжна побічна дуга, а між вольфрамовим електродом і деталлю - пряма дуга. Незалежне регулювання сили струму обох дуг дозволяє у широкому діапазоні змінювати кількість тепла, що витрачається на розплавлення поверхневого шару деталі і присадного матеріалу.

Якість нанесеного шару при плазмово-дуговому наплавленні залежить від якості підготовки (очищення) поверхні під наплавлення і робочих режимів процесу.

Режими плазмового наплавлення з використанням різних присадних матеріалів наведені у табл. 2.6.

Переваги плазмового наплавлення-добре зчеплення наплавленого шару із основним металом, малі припуски на механічну обробку, якісний наплавлений шар; недоліки - потреба у плазмоутворювальному газі, відносно висока вартість обладнання.

Плазмово-дугове наплавлення застосовують для відновлення деталей із зносом 0,1 - 1,5 мм, а також для нанесення стійких антифрикційних покриттів.

Таблиця 2.6

Режими плазмового наплавлення

Вид плазмової обробки	Струм, А	Напруга, В	Плазмоутворювальний газ і його витрата, л/год	Транспортуючий газ і його витрата, л/год	Швидкість подачі електроодного дроту, м/год	Швидкість наплавлення, м/год	Відстань від сопла пальника до поверхні деталі, мм
Наплавлення із застосуванням присадного дроту	180 - 260	40 - 45	Аргон, 120-180	-	6 - 24	9,6	10 - 20
Наплавлення порошку сормайт № 1	180 - 260	40 - 45	Аргон, 90	Азот, 240 - 360	-	9,6	10 - 12
Напилювання порошку	250 - 350	80 - 90	Аргон, 1500	Аргон, 1500	-	9,6	120 - 150
Оплавлення порошку	300 - 320	80 - 90	Азот, 1500		-	-	65 - 70

2.4. Спеціальні види наплавлення і зварювання

Заливання рідким металом використовують для відновлення деталей із значним зносом (ланок гусениць, опорних котків, ведучих і напрямних коліс тощо). Суть способу полягає у тому, що очищену від забруднень і корозії

деталь покривають флюсом, підігрівають до 200 – 250° С і вставляють у підігріту до цієї ж температури металічну форму - кокіль. Рідкий метал (чавун або сталь) через ливникову систему заповнює проміжок між поверхнею зношеної деталі і стінкою кокілю. Цей спосіб дозволяє одержати високу точність розмірів, що особливо важливо для деталей складної конфігурації, які не потребують наступної механічної обробки, наприклад ведучих коліс гусеничних тракторів, зірочок тощо.

У зоні контакту розплавленого металу з кокілем за рахунок швидкого охолодження можна одержати шар відбіленого чавуну з високою твердістю і стійкістю проти зношування.

На міцність зчеплення покриття з основним металом суттєво впливає попередня підготовка поверхонь, температура металу, що заливається, спосіб заливання і застосування флюсів.

Якість сплавлення поліпшується при збільшенні шорсткості поверхні. Для цього на відновлюваних поверхнях нарізають канавки або різьбу, піддають їх піскоструминній обробці, інколи травлять у 30%-ному розчині сірчаної кислоти.

Флюси складаються із суміші порошків міді, нікелю, бури і борного ангідриду (АНШ-100, АНШ-200 тощо). Їх наносять шаром товщиною 1 - 2 мм. Для зв'язування призначений лак № 302.

Для заливання застосовують сірий чавун СЧ-15, СЧ-18, СЧ-21, і сталі 45Л і 50Л, які мають достатню рідкотекучість. Температура металу повинна бути на 100 - 500 °С вищою початку кристалізації.

Найефективніше використовувати цей спосіб на спеціалізованих підприємствах із великою програмою відновлення деталей.

Якщо деталь має рівномірний знос, то кокіль можна не використовувати. Такий спосіб одержав назву «наморожування» металу. Наплавлену поверхню, так як і в попередньому випадку, очищають, наносять шар флюсу і підігрівають до 200 - 250 °С. Після цього деталь на певний час опускають у розплавлений метал. На поверхні деталі «наморожується» шар

заохололого і закристалізованого металу. Таким способом відновлюють поверхні деталей, які працюють в умовах абразивного зношування.

Індукційне наплавлення. Розплавлений метал можна отримати безпосередньо на поверхні наплавлюваних деталей. Для цього присадний метал у вигляді суміші порошків наносять на поверхню деталі і нагрівають (СВЧ).

Цей спосіб має високу продуктивність при високій однорідності хімічного складу і щільності наплавленого шару. Основний метал проплавлюється на глибину, яка дорівнює 10 - 15 % товщини наплавленого шару. Поверхня стає гладенькою і рівною.

Для індукційного наплавлення застосовують матеріали з низькою магнітною проникністю і температурою плавлення на 150 – 200° С нижчою температури плавлення матеріалу відновлюваної деталі. Крім того, ці матеріали повинні мати добру рідкотекучість, а після кристалізації - високу стійкість проти зношування (сормайт № 1, ХБК-6-2, УС-25, сталініт, ПС-4, ПС-5 ПС-6).

При напавленні використовують плавлені флюси з високою швидкістю розкислення (60 % борної кислоти, 34 бури, 6 % селікокальцію або 50 % борного ангідриду, 30 бури і 11 % селікокальцію).

Індукційне наплавлення застосовують в основному для відновлення деталей ґрунтообробних машин - лемешів, плугів, лап культиваторів, ножів плоскорізів, які швидко зношуються. При напавленні утворюється біметалічне з'єднання, яке забезпечує ефект самозаточування деталей у процесі роботи, що суттєво підвищує строк їх служби.

Для індукційного наплавлення використовують генератори з робочою частотою 8 - 1800 кГц і потужністю 4 - 200 кВт (В2П-60/0,066, В2И-2-100/0,066, В2ГІ-100/0,066 тощо) та індуктори, які мають повітряне охолодження і форму, що відповідає наплавлюваній деталі.

Частота генерованого струму f , Гц, залежить від товщини наплавленого шару S , см:

$$f = 3,6 \cdot 10^5 / S.$$

Глибина проникнення індуктивного струму в метал деталі δ , мм, визначається за формулою:

$$\delta = 5,03 \cdot 10^4 \sqrt{\rho / (\mu f)},$$

де ρ - питомий опір металу, Ом-м;

μ - магнітна проникність металу, Г/м.

Для практичних цілей глибину проплавлення можна знайти за формулою:

$$\delta = 700 / \sqrt{f}.$$

Електрошлакове наплавлення полягає у тому, що присадний метал розплавляється за рахунок тепла, яке виділяється при проходженні струму через розплавлений електропровідний шлак від електроду до деталі.

Наплавлену деталь 1 (рис. 2.10) встановлюють на пристрій для обертання між габаритними дисками 2. Диски виготовлені з міді за габаритами нової (не зношеної) деталі і мають канали та порожнини для проходження охолоджувальної рідини. До них щільно прилягає мідний кристалізатор металу 3, також охолоджуваний проточною водою. У простір між деталлю, габаритними дисками і кристалізатором засипається флюс 4 і подається електрод 5. У початковий момент між електродом і технологічною планкою збуджується електрична дуга. Тепло, що виділяється, розплавляє флюс і утворюється електропровідна шлакова ванна 6, яка шунтує і гасить дугу. Температура ванни на 200 – 300 °С вища температури плавлення електроду. Електрод розплавляється і під дією сили тяжіння осідає вниз, утворюючи ванну 7 розплавленого металу. При охолодженні метал кристалізується, утворюючи наплавлений шар 8 за формою кристалізатора.

Особливістю цього способу є те, що електрод розплавляється не електричною дугою, а за рахунок безпосереднього переходу електричної енергії в теплову при проходженні електричного струму через ванну розплавленого електропровідного флюсу. Втрати тепла на випромінювання

суттєво зменшуються і, відповідно, майже в два рази знижується витрата електричної енергії. Крім того, відсутні угар і розбрикування металу. Витрата флюсу не перевищує 5 % маси наплавленого металу.

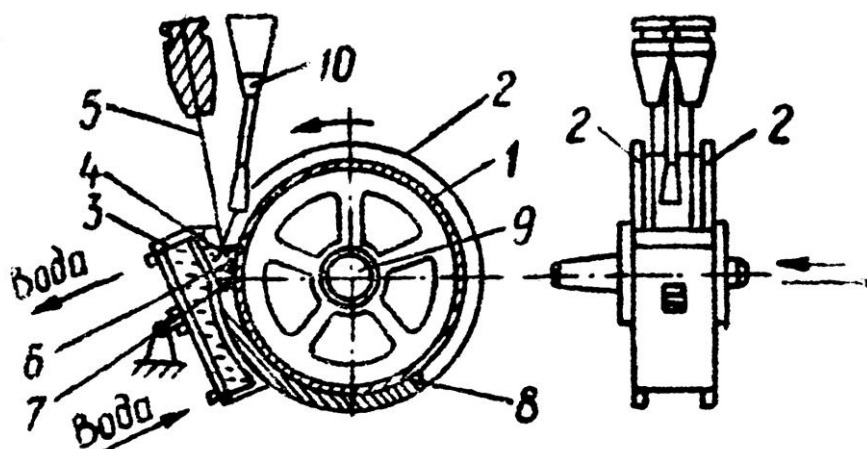


Рис. 2.10. Електрошлакове наплавлення:

- 1 - наплавлена деталь; 2 - габаритні диски; 3 - кристалізатор; 4 - флюс;
 5 - електрод; 6 - шлакова ванна; 7 – ванна розплавленого металу;
 8 - наплавлений шар; 9 - оправка; 10 - дозатор

Установки для електрошлакового наплавлення комплектуються, як правило, спеціальними трансформаторами з номінальним зварювальним струмом до 1000 А і напругою 30 – 45 В та пристроями автоматичного регулювання рівня ванни рідкого металу, наприклад ОКС - 7755.

Флюси повинні мати високу температуру кипіння і електропровідність у рідкому стані, добрі захисні властивості. Випускаються спеціальні флюси АН-8, АН-22 і АН-348А.

Фізико-механічні властивості наплавленого металу залежать від матеріалу електродного дроту. Інколи застосовується легування металу введенням додатково в зварювальну ванну порошоків. Режим наплавлення вибирають з умов стійкого процесу і розмірів наплавлених поверхонь.

Електрошлакове наплавлення - високопродуктивний процес, Наплавлений шар одержують рівний і якісний. Використовують для

відновлення зношених деталей ходової частини тракторів тільки на спеціалізованих підприємствах.

Електроконтактне зварювання відноситься до термомеханічного класу.

Всі способи контактного зварювання ґрунтуються на нагріванні і пластичному деформуванні заготовок у місці з'єднання. Нагрівання здійснюється теплом, яке виділяється під час проходження електричного струму через з'єднані деталі, що знаходяться у контакті. За законом Джоуля-Ленца, кількість теплової енергії, яка виділяється у зоні зварювання, визначається за формулою:

$$Q = I^2 R t,$$

де Q - кількість тепла, Дж;

I - сила зварювального струму, А;

R - опір у зоні зварювання, Ом;

t - час проходження зварювального струму, с.

Для одержання якісного з'єднання місця зварювання очищають від залишків старої фарби, іржі, бруду. Зварювані деталі стискають між електродами, виготовленими з міді для забезпечення надійного контакту між деталями і електродами.

Контактне зварювання характеризується високою продуктивністю, економічністю і екологічною чистотою процесу. Дозволяє звести до мінімуму витрати допоміжних матеріалів.

У ремонтному виробництві поширене точкове і шовне контактне зварювання, а також електроконтактне приварювання стрічки і напикання порошків для відновлення зношеного шару.

Точкове і шовне зварювання застосовується в основному для зварювання листового матеріалу малих товщин.

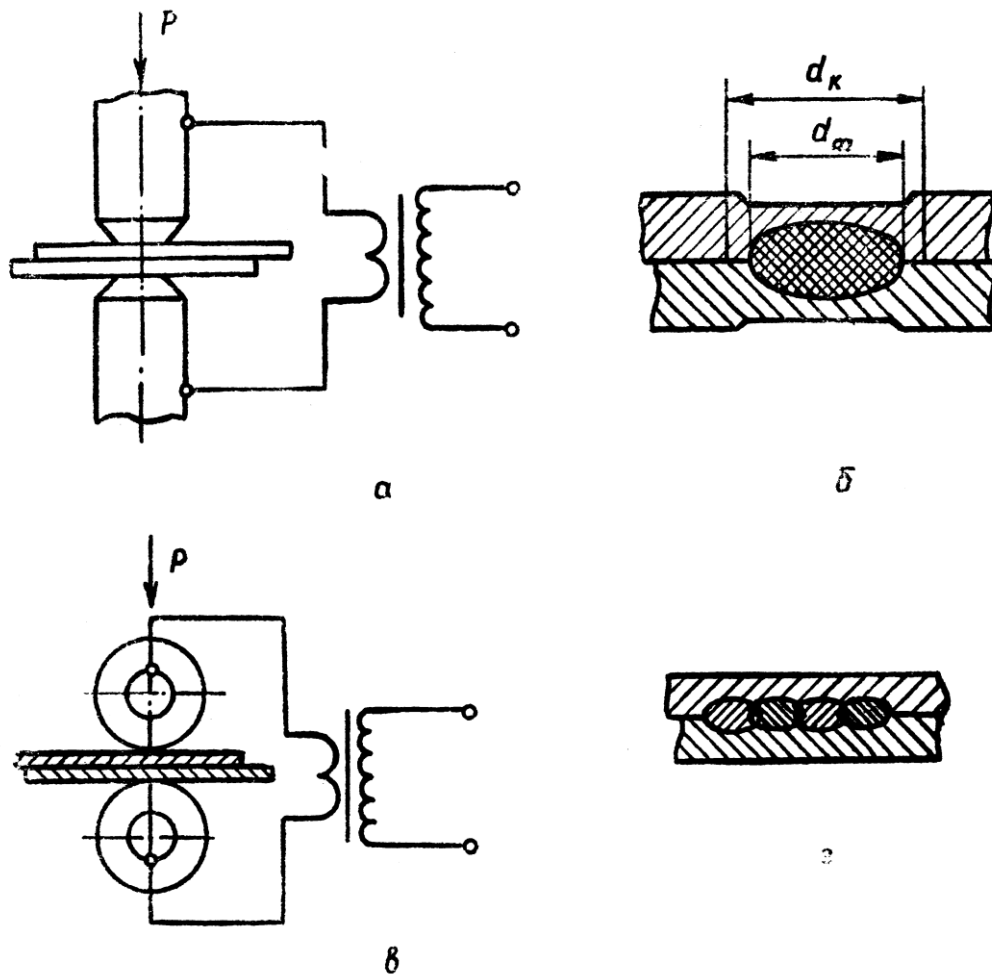


Рис. 2.11.Схема електроконтактного зварювання деталей:
 а, б – точкове зварювання; в, г –шовне зварювання

Точковим зварюванням деталі з'єднують в окремих місцях (точках). При цьому зварювані деталі встановлюють і стискають між двома мідними охолоджуваними електродами контактної машини. Електроди з'єднують із вторинною обмоткою трансформатора (рис. 2.11, а). Під час проходження струму метал, розміщений між електродами, нагрівається. Особливо швидко нагріваються ділянки металу, що прилягають до місця контакту між деталями, оскільки вони мають підвищений електричний опір (рис. 2.11, б). Крім того, вони менше схильні до охолоджувальної дії електродів. У момент утворення в зоні зварювання розплавленого ядра заданих розмірів струм виключають. Метал між електродами осаджується і кристалізується, електроди розтискаються.

Електроконтактне приварювання металічної стрічки використовують для відновлення зношеного шару циліндричної деталі. Струм напругою 1 - 4 В і силою 10 - 20 кА від зварювального трансформатора подається через ролики, між якими знаходиться приварювальна стрічка до деталі (рис. 2.12). Зусилля притискання роликів становить 1,4 - 1,6 кН. Завдяки спеціальним переривникам струм подається короткими імпульсами тривалістю 0,004 - 0,08 с. Таким чином, стрічка приварюється до деталі так, як і при шовному зварюванні, окремими точками. За рахунок вибору тривалості пауз забезпечується перекриття точок на $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ їх розміру. В осьовому напрямку безперервність приварювання досягається тим, що ширину ролика приймають у кілька разів більшою кроку поздовжньої подачі. Присадним матеріалом є стрічка товщиною 0,4 - 0,5 мм або електродний дріт діаметром до 2 мм. Твердість і стійкість проти зношування наплавленого шару залежить від матеріалу стрічки або дроту. Щоб їх підвищити, зону зварювання охолоджують водою. У поєднанні із застосуванням стрічки з високовуглецевих сталей можна отримати покриття твердістю до 60 - 65 HRC без спеціальної термообробки.

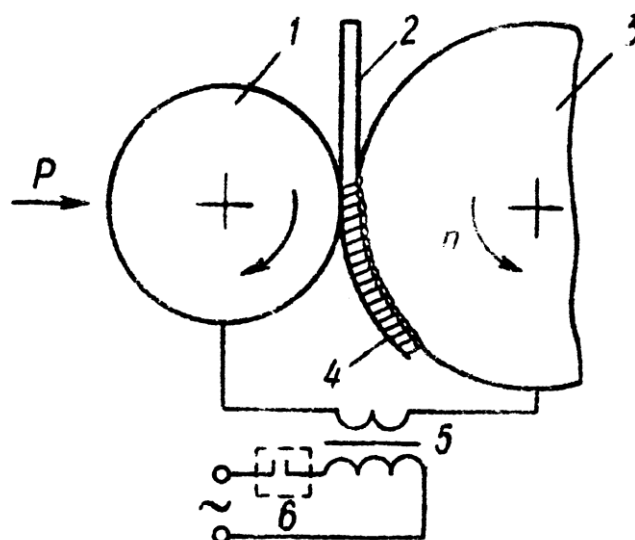


Рис. 2.12. Схема електроконтактного наплавлення стрічки:

- 1 - ролик; 2 - приварювана стрічка; 3 - деталь; 4 - наварений шар;
5 – трансформатор; 6 - регулятор циклу зварювання

Підготовка деталей до електроконтактного приварювання полягає у шліфуванні поверхні деталі до усунення зношеного і наклепаного шару і знежирювання. Після відновлення зношеного шару проводять обробку деталі під нормальний розмір (як правило, шліфування). Припуск на механічну обробку 0,1 - 0,2 мм.

Електроконтактне приварювання успішно застосовується для відновлення шийок валів і отворів у корпусних деталях із чорних і кольорових металів, а також для наплавлення на деталі з кольорових металів сталльної стрічки.

Зварювання тертям - це різновидність зварювання тиском, за якого одна деталь обертається відносно другої нерухою, причому деталі притискаються одна до одної певним зусиллям. Під дією сил тертя відбувається нагрівання зварюваних поверхонь у місці контакту. Зварювання виконують на токарному верстаті, встановлюючи одну деталь у патрон, а другу - у піноль задньої бабки. Нерухому деталь притискають до рухомої зусиллям 50 - 100 МПа. Коли температура нагрівання торця досягне 1300 - 1400 °С, верстат виключають і проводять осаджування, стискаючи деталь в осьовому напрямку до 200 - 300 МПа. Частоту обертання деталі при зварюванні приймають у межах 2000 - 3000 хв⁻¹.

Зварювання тертям застосовують для з'єднання частин валів та інших круглих стержнів, труб, хвостовиків різального інструменту.

Для зварювання тертям в умовах спеціалізованих ремонтних майстерень застосовують різні пристрої до універсальних верстатів або спеціальні верстати-напівавтомати.

Переваги цього способу полягають у високій якості з'єднання, незначній витраті електроенергії, великій продуктивності.

2.5. Газотермічне напилювання

Газотермічне напилення - це процес нанесення покриттів на поверхні деталей різної конфігурації за допомогою високотемпературного

швидкісного струменя, який містить частинки порошку або краплини розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення.

Напилюванням можна наносити покриття з різних металів і сплавів як на металічну, так і на неметалічну (кераміку, скло тощо) основу.

При відновленні деталей (компенсації зношеного шару) газотермічне напилювання має ряд суттєвих переваг відносно інших видів нарощування поверхонь:

одержання покриттів із широким спектром заданих властивостей, у тому числі створення зміцненого поверхневого шару, який має високу стійкість проти зношування за рахунок вибору матеріалу і технологічних режимів напилювання;

незначне нагрівання деталі (не вище 200° С), що дозволяє зберігати структуру і властивості основного матеріалу, уникати додаткових трудомістких операцій термообробки;

нанесення покриттів із товщиною в широкому інтервалі - від сотих долей міліметрів до кількох міліметрів при високій продуктивності;

напилювання для захисту поверхонь від корозії і надання їм декоративного вигляду.

До основних видів газотермічного напилювання, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, відносяться газополуменеве і газоелектричне (електродугове і плазмове).

Загальний технологічний процес газотермічного напилювання. Для всіх видів газотермічного напилювання технологічний процес складається з таких основних операцій:

попередня механічна обробка деталей для виправлення геометрії відновлюваної поверхні, знімання дефектного шару і забезпечення необхідної товщини напиленого шару з урахуванням припуску на обробку;

знежирювання деталей в органічних розчинниках і миття у розчинах СМЗ;

спеціальна обробка поверхні для забезпечення міцного зчеплення з напилюваним металом;

напилювання на поверхню металічного шару.

Спеціальна обробка поверхні має особливе значення у зв'язку з тим, що міцність зчеплення є основною характеристикою напиленого шару. Це потрібно враховувати при розробці технологічного процесу напилення, оскільки міцність зчеплення суттєво залежить від виду напилюваного металу, способу і режимів нанесення покриття.

Технологія спеціальної обробки поверхні вимагає створення шорсткості на поверхні, яка, не знижуючи (помітно) міцності деталі, сприяла б механічному закріпленню напилюваного металу. Для цієї мети застосовують струменево-абразивну обробку, накатування, нарізання «рваної» різьби тощо. «Рвану» різьбу нарізають на токарному верстаті при вильоті різьбового різця 70 - 100 мм і зміщенні різальної кромки нижче осі деталі на 1,5 - 5 мм (залежно від діаметра деталі). Швидкість обертання деталі – 30 - 40 хв⁻¹. Міцність зчеплення може бути підвищена попереднім напилюванням підшару із спеціальних матеріалів, а також шляхом оплавлення напиленого шару.

Газополуменеве напилювання. Метал (порошковий матеріал або дріт) розплавляється полум'ям суміші газу (ацетилен, пропан-бутан тощо) та кисню і розпилюється стиснутим повітрям або інертним газом. Подача порошкового матеріалу у зону полум'я може здійснюватись за допомогою транспортувального газу (рис. 2.13) або безпосередньо з бункера по трубці під дією сили тяжіння. Транспортування порошку за допомогою інертних газів сприяє зменшенню окислення розплавлених частинок металу. Перевага введення порошку стиснутим повітрям полягає у простоті обладнання і відсутності необхідності у транспортувальному газі, але в цьому випадку має місце інтенсивніша взаємодія частинок порошку з навколишнім середовищем.

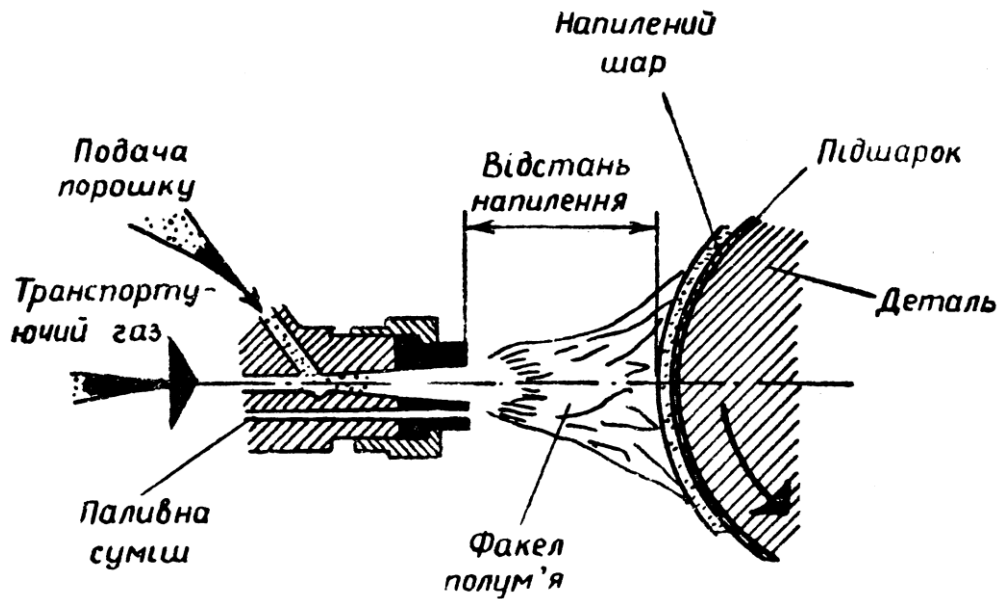


Рис. 2.13.Схема подачі порошку у факел полум'я за рахунок інжекції струменем газів

З метою підвищення міцності зчеплення напильованого металу і поверхні деталі застосовують попереднє напильовання, тобто створюють підшарок. Під час напильовання підшарку, наприклад, із суміші нікелю і алюмінію (якщо один з них виконує у порошку або порошковому дроті роль обгортки, а другий - роль наповнювача) між ними відбувається екзотермічна реакція (з виділенням тепла) і в момент ударяння частинок по поверхні деталі їх температура досягає 1450 °С. В результаті частинка (крапля), яка складається з нікелю, алюмінію та їх оксидів, міцно приварюється до поверхні і створює шорсткість для надійного зчеплення наступного (основного) шару із заданими механічними властивостями.

Інколи перед нанесенням покриття для видалення адсорбованої вологи і підвищення міцності зчеплення покриттів рекомендується проводити попереднє нагрівання деталі до 90 – 180 °С у сушильній шафі або полум'ям напильовального апарата без подачі порошку (при невеликих розмірах деталей).

Для відновлення деталей, які працюють в умовах тертя, застосовують стійкі проти зношування порошки на основі нікелю або дешеві сплави на основі заліза, які мають високі експлуатаційні і технологічні властивості.

Хімічний склад порошків на основі нікелю, %: нікель - 80, хром – 12 - 15, бор - 1,5 - 4, кремній - 0,5 - 4, вуглець - 0,3 - 1,0, залізо - 5. Марки порошків мають позначення, наприклад ПГ-ХН80СР2 (Х - хром, Н - нікель, С - кремній, Р - бор), де остання цифра (2, 3 або 4) характеризує процентний вміст усіх елементів, крім заліза.

Порошкові сплави на основі нікелю мають низьку температуру плавлення (950 - 1050 °С), регульовану твердість (35 - 60 HRC), рідкотекучість, високу стійкість проти зношування і властивості самофлюсування. А бор (Р) і кремній (С) у цих сплавах активно віднімають кисень від окислів. Головним недоліком цих сплавів є їх висока вартість.

Порошкові сплави на основі заліза з високим вмістом вуглецю мають низьку вартість, високу стійкість проти зношування, але більш тугоплавкі (температура плавлення 1250 - 1300 °С) і не самофлюсуються. Ці сплави містять ферохром і карбіди бору (наприклад, сплав ФБХ-6-2), забезпечуючи твердість HRC 56 - 63. Застосовуються також композиційні порошкові суміші сплавів на основі нікелю і заліза. Наприклад, композиція ПС-1 являє собою суміш порошків у рівних пропорціях: на основі нікелю - ПГ-ХН80СР3 і на основу заліза - ПГ-У30Х28Н4С4 (твердий сплав сормайт).

Газополуменеве напилювання порошків може застосовуватись без оплавлення і з оплавленням напиленого шару. В останньому випадку значно поліпшується міцність зчеплення з основним металом і підвищується стійкість відносно знакозмінних навантажень на деталь у процесі експлуатації.

Електродугове напилювання. При електродуговому напилюванні (рис. 2.14) два дроти з напилюваного металу діаметром 1 - 2 мм, з'єднані з електричним джерелом живлення, безперервно подаються за допомогою механізму подачі по напрямних наконечниках. У точках їх зближення

виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній стиснутим повітрям або інертним газом, який подається по каналах металізатора (газотермічне наплення у літературі часто називають металізацією), переноситься на поверхню зі швидкістю 100 - 300 м/с вигляді частинок розміром 3 - 300 мкм.

Частинки металу, взаємодіючи із зовнішнім середовищем під час польоту, покриваються оксидною плівкою. При зіткненні з поверхнею деталі ця плівка за рахунок кінетичної енергії частинок руйнується, утворюючи на поверхні суцільне шарувате покриття з великою кількістю пор і оксидів. Зчеплення частинок з поверхнею відбувається за рахунок адгезії і механічного зчеплення з шорсткою поверхнею.

Для електродугового напилювання використовують дроти Нп-30, Нп-30ХГСА, Нп-30ХІЗ діаметром 1,2 - 2,5 мм.

Приблизний режим процесу: напруга 25 - 40 В, сила струму 80 - 160 А, швидкість подачі дроту 0,6 - 1,5 м/хв, тиск повітря 0,4 - 0,6 МПа, відстань від сопла до деталі 80 - 100 мм. Застосовують ручні (ЕМ-3, ЕМ-9) і стаціонарні (ЕМС-1, ЕМ-12) металізатори.

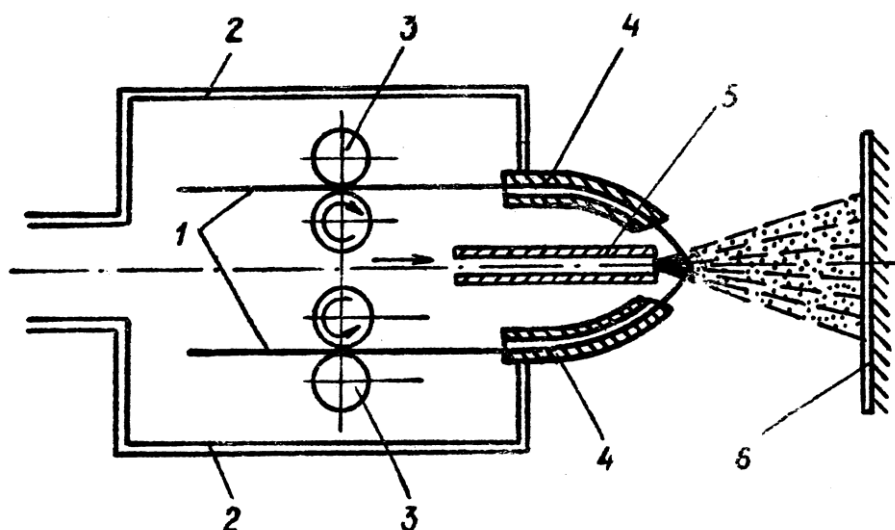


Рис. 2.14. Схема електродугового металізатора:

- 1 - дріт; 2 - корпус механізму подачі дроту; 3 - ролики; 4 - наконечники;
5 - повітряне сопло; 6 - деталь

Перевага електродугового напилювання - простота обладнання і висока продуктивність, а наявність у поверхневому шарі пористості створює сприятливі умови для роботи рухомих з'єднань (при малих навантаженнях). Недоліком способу є окислення і вигорання легуючих елементів, а також зниження втомлюваної міцності.

Плазмове напилювання полягає в тому, що метал, розплавлений плазмовим струменем (див. п. 2.3), розпилюється і наноситься на відновлювану поверхню тими ж газами, які застосовуються для плазмоутворення і захисту.

За допомогою плазмового струменя, який має високу температуру, можна наносити будь-які тугоплавкі матеріали, карбіди, бориди, оксиди з високою швидкістю і рівномірністю. Застосування для плазмоутворення і захисту нейтральних газів аргону, азоту та їх сумішей сприяє мінімальному вигоранню легуючих елементів і окисленню частинок. Плазмові покриття мають високу щільність і міцність зчеплення з основним металом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин / Сідашенко О.І., Поліський А.Я. - К.: Урожай, 1994. - 400 с.
2. Черноиванов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин / В.И. Черноиванов - М.: Агропромиздат, 1989. - 334 с.
3. Авдеев М.А. Технология ремонта машин и оборудования / М.А. Авдеев, Е.Л. Воловик, И.Е. Ульман - М., Агропромиздат, 1986. - 246 с.
4. Тельнов Н.Ф. Ремонт машин / Н.Ф. Тельнов – М.: Агропромиздат, 1992. - 558 с.
5. Бабусенко С.М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий / С.М. Бабусенко - М., Агропромиздат, 1990. - 250 с.
6. Молодик Н.В. Восстановление деталей машин. Справочник / Н.В. Молодик, А.С. Зенкин - М., Машиностроение, 1989. - 256 с.
7. Мочалов И.И. Ремонт сельскохозяйственных машин / И.И. Мочалов, С.И. Костенко, В.А. Васильев – М., Колос, 1984. - 254 с.
8. Сушкевич М.В. Контроль при ремонте сельскохозяйственной техники / М.В. Сушкевич - М.: Агропромиздат, 1998. - 254с.
9. Черепанова С.С. Оборудование для ремонта сельскохозяйственной техники. Справочник / С.С. Черепанова - М.: Колос, 1981. -312с.
10. Сідашенко О.І. Практикум з ремонту машин / О.І. Сідашенка, О.А. Науменко - К., Урожай, 1995. - 225 с.