

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія**

**М.Г. Прищип
І.В. Кругляк
Д.О. Кругляк**

ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Навчально-методичний посібник

*для студентів ЗДІА
спеціальності 6.05040104 «Обробка металів тиском»*

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія

*Затверджено до друку
рішенням науково-методичної ради ЗДІА
протокол №10 від 22.12.2016 р.*

ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Навчально-методичний посібник

*для студентів ЗДІА
спеціальності 6.05040104 «Обробка металів тиском»*

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри МОМ
протокол № 1 від 30.08.2011р.*

Запоріжжя
ЗДІА
2012

*М.Г. Прищип, к.т.н., доцент
І.В. Кругляк, к.т.н., доцент
Д.О. Кругляк, асистент*

Відповідальний за випуск: *зав. кафедри МОМ,
д.т.н. професор Б.П. Середа*

Рецензенти:

*Алієв І.С., д.т.н., професор, завідувач кафедри обробки металів тиском
проректор з навчальної роботи Донбаської державної машинобудівної
академії*

*Грицай В.П., к.т.н., професор кафедри металургійного обладнання Запорізької
державної інженерної академії*

Прищип М.Г., Кругляк І.В., Кругляк Д.О.

Технологія процесів обробки металів тиском: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 6.05040104 «Обробка металів тиском» / М.Г. Прищип, І.В. Кругляк, Д.О. Кругляк. – Запоріжжя, ЗДІА, 2012. – 160 с.

Навчально-методичний посібник призначений для студентів спеціальності «Обробка металів тиском», який містить технологічні основи обробки металів тиском: напружений та деформований стан, зовнішнє тертя, фізична сутність обробки. Наведені різновиди та технологічні схеми прокатки, пресування та волочіння, кування та штампування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ТЕХНОЛОГІЯ ПРОКАТКИ.....	6
1.1 Сортамент і якість прокату	6
1.2 Технологія багатозлиткової прокати	9
1.3 Інтенсифікація технологічного процесу на блюмінгу	11
1.4 Технологія прокати на заготівельних станах	16
1.5 Технологія виробництва сортової сталі	18
1.6 Технологія виробництва товстолистової сталі (ТЛС)	25
1.7 Технологія виробництва тонколистової гарячекатаної сталі (ТЛГС)	31
1.8 Технологія виробництва холоднокатаної листової сталі (ХЛС)	36
2 ТЕХНОЛОГІЯ ПРЕСУВАННЯ ТА ВОЛОЧІННЯ.....	53
2.1 Розвиток методів пресування	55
2.2 Методи пресування, що відрізняються конструкцією преса і настроюванням інструмента	56
2.3 Умови, що впливають на проведення процесу пресування	67
2.4 Загальні питання технології волочіння	77
2.5 Класифікація машин для волочіння	81
2.6 Види волочіння і машини для волочіння	83
2.7 Класифікація дроту і каліброваного металу	96
2.8 Технологічні схеми виробництва дроту та каліброваної сталі	98
2.9 Термічна обробка дроту, каліброваного металу і труб	102

2.10 Волочіння труб	109
3 ТЕХНОЛОГІЯ КУВАННЯ ТА ШТАМПУВАННЯ.....	115
3.1 Зміст і порядок розробки технологічних процесів	115
3.2 Розкрій матеріалу та величина перемичок	116
3.3 Розкрій смугового матеріалу в процесі штампування	119
3.4 Величина перемичок і застосування безвідхідного й маловідхідного розкрою	124
3.5 Визначення ширини нарізаних смуг	127
3.6 Використання відходів і інші методи економії металу	130
3.7 Основи побудови технологічних процесів холодного листового штампування	131
3.8 Удосконалені технологічні переходи і процеси кування	133
3.9 Кування на пресах	134
3.10 Кування на молотах	151
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	160

ВСТУП

Основними методами виготовлення металевих деталей і їх напівфабрикатів є лиття, обробка тиском і обробка різанням. Особливе місце займає обробка тиском, що полягає в пластичній зміні форми металу за допомогою його деформування. У процесі пластичного деформування змінюється структура металу й підвищуються його механічні властивості. Тому найбільш навантажені деталі машин виготовляють обробкою тиском.

Обробка тиском дозволяє одержувати деталі або їхні напівфабрикати у вигляді заготівель, близьких за формою до готових деталей, великою продуктивністю й малими відходами. Метал піддається пластичній деформації як у холодному, так і у гарячому стані.

Пластичне деформування здійснюється різними способами, до числа яких належить прокатка, вільне кування, кування у штампах, об'ємне штампування, пресування, волочіння й листове штампування. Внаслідок можливості формоутворення металу з високою продуктивністю й малими відходами, а також можливості підвищення його механічних властивостей значення обробки тиском у сучасній промисловості величезне. Досить сказати, що близько 90% всієї виплавленої в Україні сталі й близько 55% усього виплавленого кольорового металу піддається різним способам обробки тиском.

Способи обробки тиском дозволяють у ряді випадків отримувати не тільки напівфабрикати у вигляді проміжних заготівель для остаточної обробки їхнім різанням, але й готові деталі з високим класом точності й чистотою поверхні аж до 10-го класу й вище [13]. Наприклад, у цей час прокаткою виготовляють фольгу у вигляді стрічок товщиною 2-5 мкм, волочінням виготовляють дріт товщиною в трохи мікрон, листовим штампуванням виготовляють готові деталі, які безпосередньо поступають до складання машин. На ряді заводів освоєний процес накатки зубів шестірень із високою точністю, не потребуючих подальшої термічної й механічної обробки.

З усією очевидністю можна затверджувати, що подальший процес машинобудування буде тісно пов'язаний із вдосконаленням способів обробки тиском. У технологічних циклах обробки тиском важливе місце займають допоміжні процеси, такі, як нагрівання, термічна обробка, очищення поверхні виробів, нанесення покриттів і т.п., тому вдосконалення технологічних процесів обробки тиском потребує одночасного вдосконалювання й допоміжних процесів.

Автори щиро вдячні доценту кафедри МОМ, кандидату технічних наук Іващенко Владиславу Івановичу і завідувачу лабораторією МОМ Сидоренко Ізабеллі Марковні за підготовку матеріалів учбового посібника до видання.

1 ТЕХНОЛОГІЯ ПРОКАТКИ

Технологічний процес одержання готового прокату є завершальною стадією металургійного виробництва. Через прокатні цехи металургійного підприємства проходить більше 85 % сталі, що виплавляється в сталеплавильних цехах.

Для прокатки металу на металургійних підприємствах встановлюють стани різного типу й призначення. Прокатний стан — це комплекс машин і агрегатів, що здійснюють пластичну деформацію металу у валках з подальшою його обробкою (виправлення, різання й ін.). У прокатних цехах встановлюють також пристрої для нагріву, відпалу й нормалізації металу, агрегати для очищення його поверхні й нанесення захисних покриттів, інші машини й агрегати, необхідні для випуску готової продукції необхідної якості.

Залежно від складу прокатних станів і сортаменту продукції всі металургійні підприємства підрозділяють на підприємства листового, сортового й змішаного варіантів. Наприклад, підприємствами листового профілю є такі металургійні комбінати, як Новолипецький, Ждановський ім. Ілліча, «Запоріжсталь»; сортового профілю: «Криворіжсталь», «Дніпроспецсталь»; змішаного профілю: Магнітогорський металургійний комбінат, «Азовсталь», Волгоградський «Червоний Жовтень».

Технологічний процес прокатного виробництва на сучасному металургійному підприємстві полягає в основному з двох стадій: одержання напівпродукту (заготовки) і прокатки його в готові профілі.

1.1 Сортамент і якість прокату

Прокатну продукцію залежно від форми поперечного перерізу умовно поділяють на чотири основні групи: листовий прокат, сортовий прокат, труби, спеціальні профілі (точні заготовки для машинобудування, гнуті профілі й ін.).

Листовий прокат по товщині, як правило, підрозділяють на товстолистовий (товщиною 4 мм і більш) і тонколистової (товщиною менше 4 мм). Тонколистовий прокат, особливо холоднокатаний, є одним з найбільш економічних видів металопродукції. Тому підвищення його частки в загальному сортаменті прокату до 50...60 % і холоднокатаних до 25...30 % характеризує одне з перспективних напрямків розвитку чорної металургії.

Сортовий прокат залежно від форми поперечного перерізу ділиться на прості (рис. 1.1) і фасонні (рис. 1.2) профілі. Прості профілі мають форму кола, квадрата та штаби. Фасонні профілі (більш складної форми) підрозділяються на профілі загального й спеціального призначення. До фасонних профілів загального призначення відносять шестигранні профілі, кутові (рівнобокі і нерівнобокі), швелери, двотаврові балки й ін. (рис. 1.1). До фасонних профілів спеціального призначення відносять прокат складного поперечного перерізу,

застосовуваний у сільськогосподарським машинобудуванні, суднобудуванні, вугільній, нафтовій й гірничо - рудній промисловості та ін.

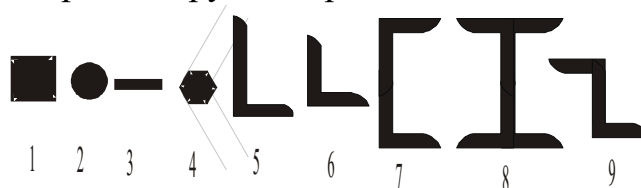


Рисунок 1.1 – Прості профілі: 1 - квадратний; 2 - круглий; 3 - штрипс; 4 - шестигранний; 5-нерівнобокий кутовий; 6-рівнобокий кутовий; 7-швелер; 8-двотавр; 9-зетовий

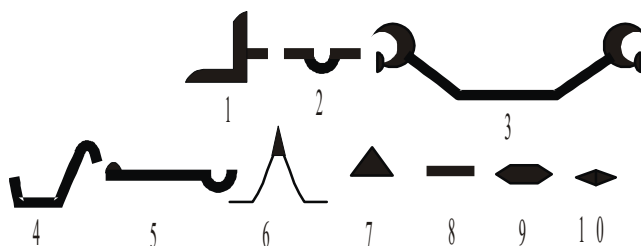


Рисунок 1.2 – Фасонні профілі: 1 - z-образний; 2 - ресорний жолобчастий; 3-шпунтова паля; 4 - для шахтних кріплень; 5 - для автоободів; 6- для тракторних шпор; 7 - тригранний; 8 - клиновий; 9 - овальний; 10 – ромбічний

Тонкостінні (у тому числі полегшеного типу) і широкополочні балки дають економію металу до 25 %. Освоюється виробництво фасонних профілів зі стінками товщиною 3 мм для будівельної промисловості. Фасонні прецизійні профілі (профілі вищої точності спеціального призначення) одержують гарячою й холодною прокаткою й волочінням на станах металургійних і машинобудівних заводів. Увесь сортовий прокат умовно розділений на чотири групи: крупно сортний, середньосортний, дрібно сортний і катанку.

Труби поділяють на дві групи: безшовні й зварені. Питома вага труб у загальному випуску прокату збільшується з кожним роком. Особливо швидко зростає виробництво зварених і холоднокатаних труб. У цей час прокатують і фасонні труби. Випускають тонкостінні, особливо тонкостінні, прецизійні, капілярні й інші труби з вуглецевих, легованих і високолегованих сталей.

Процес профілювання листового прокату забезпечує виробництво гнутих профілів (на станах), які скорочують або повністю виключають операції зварювання, з'єднання болтами або заклепками.

Гнуті профілі (рис. 1.3), що виготовляються з листа або штаби товщиною 0,2...20 мм, широко застосовують у різних галузях промисловості. У порівнянні з гарячекатаними гнуті профілі забезпечують більшу точність, мають меншу товщину, можуть виготовлятися закритої форми, яку неможливо одержати прокаткою (рис. 1.3).

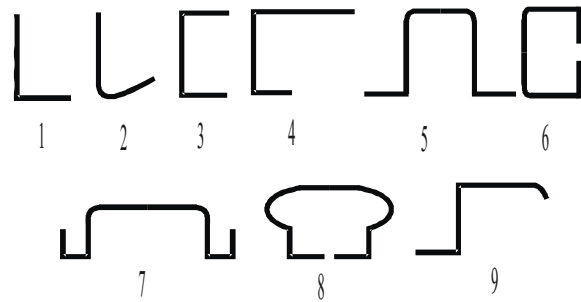


Рисунок 1.3 – Гнуті профілі: 1 – рівнобокий кутовий; 2 – спеціальний кутовий; 3 – швелер; 4 – г-образний; 5 – коритоподібний; 6 – с-образний; 7 – вікнорамний; 8 – для огорожень; 9 – для транспортного машинобудування

У різних галузях машинобудування широко застосовують періодичні прокатні профілі, які забезпечують значну економію металу (20...30 %), знижують трудомісткість виготовлення з них деталей і підвищують продуктивність кувальних машин. Зменшення витрати арматури досягається виготовленням її зі сталей, що володіють більш високими механічними властивостями (для чого застосовуються термічна й термомеханічна обробки), а також підвищенням здатності її зчеплення з бетоном. Застосування періодичних профілів для залізобетонної арматур скорочує витрату металу на 40 %.

Якість прокатної продукції визначається міцністю, пластичністю, холодостійкістю, зварюваністю, стійкістю до корозії, станом поверхні, точністю розмірів і іншими характеристиками, обумовлених в кожному конкретному випадку умовами експлуатації металевих виробів у конструкціях, машинах, спорудах.

Технологічним методом підвищення експлуатаційних характеристик є широке використання комплексних способів температурно-силового впливу на метал – термомеханічна (ТМО) і механіко-термічна (МТО) обробки, що базуються на створенні в металі оптимальних для експлуатації структури й властивостей. Після такої обробки підвищуються міцність сталі, її пластичність, опір усталостному та контактному руйнуванню і зношуванню.

Донедавна з метою підвищення міцності, холодостійкості й ряду інших властивостей металопродукції масового призначення в сталь додавали відносно велику кількість легуючих елементів – марганцю, ванадію, кремнію, хрому, нікелю та ін. Однак було доведено, що комбінацією мікролегування сталі та її позапічної обробки з наступним термічним зміцненням готового прокату можна надійно забезпечити необхідний рівень його якості при значній економії легуючих матеріалів і витрат на виготовлення. Використання мікродобавок ванадію (0,05...0,12 %), ванадію з азотом (0,07...0,15 % і 0,015...0,030 % відповідно) або ніобію (0,02...0,05 %) дало можливість значно підвищити міцність і холодостійкість спокійної й напівспокійної марганцевої сталі. У результаті створений ряд економічних марок дрібнозернистої сталі із границею текучості σ_T не менше 400 – 450 МПа для відповідальних зварених конструкцій,

у тому числі в північному виконанні. Найбільш перспективні сталі з карбонітридним зміцненням 15Г2АФДпс, 18Г2АФпс, 14Г2АФ, 16Г2АФ, 15ГФ, 15Г2СФ, 10Г2Б рекомендовані для підвищення надійності зварених конструкцій у мостобудуванні й машинобудуванні. Прокат з термообробленої сталі з нітридним зміцненням характеризується дрібним зерном (№ 9...10), підвищеною границею текучості ($\sigma > 400 - 450$ МПа) і задовольняє вимогам стандартів по ударній в'язкості при температурі нижче 70 °С у широкому діапазоні товщини, що не завжди досягається для звичайних низьколегованих сталей, у тому числі, що містять нікель. Сталь, мікролегована ванадієм і азотом, має низьку чутливість до механічного старіння. Поряд зі створенням перспективних марок сталей підвищеної міцності й холодостійкості термообробка й мікролегування використовуються для корінного поліпшення якості вуглецевої сталі. Так, шляхом мікролегування ванадієм, алюмінієм і титаном при відповідній термообробці отримують нестаріючі сталі (08кп, 08Ю), застосовувані для тонкого листа, який зазнає глибокої витяжки, і дроту (07Т). Мікролегування сталі титаномагнієвою лігатурою дозволило підвищити на $25 - 30$ % стійкість залізничних рейок проти виникнення контактнo-усталостних ушкоджень.

Таким чином, мікролегування сталі й термообробка поліпшують властивості металопродукції й тим самим підвищують надійність конструкцій, виробів і машин при значному економічному ефекті.

1.2 Технологія багатозлиткової прокатки

Багатозлиткова прокатка полягає в послідовній прокатці двох або трьох зливків, при цьому збільшується довжина розкату (поперечний переріз залишається незмінним). Технологія прокатки полягає в наступному: до валків блюмінга підводять два зливки, що лежать на рольгангу послідовно один за іншим; у кожному пропуску другий зливоч подають у валки стану безпосередньо за першим без паузи або з мінімальною паузою. Прокатка до $8...10$ пропусків і кантування розкатів проводяться попарно. При значній довжині двох розкатів в останніх пропусках їх кантують порізно, а прокатують парами або по одному.

Багато- і одно злиткова прокатка ведеться по тим самим режимах обтиснень. Тому сила прокатки й крутний момент прокатки зливків по одному або парами однакові. При двозливковій прокатці (у порівнянні з одно зливковою) змінюються навантаження головного приводу по нагріванню, швидкісний режим і динамічні навантаження в головній лінії стану.

При одночасній прокатці двох зливків захват другого зливка пари, як правило, відбувається при значних швидкостях, близьких до швидкості викиду першого зливка. Внаслідок подвоєної довжини максимальна швидкість прокатки двох зливків і швидкість викиду другого зливка більше, ніж при однозливковій прокатці. Нова технологія забезпечує зменшення сумарного часу пауз (майже у два рази) і деяке зменшення машинного часу за умови ліквідації

періодів гальмування при викиді першого зливка пари з валків, прискореного руху другого зливка пари й збільшення максимальної швидкості прокатки. Зниження непродуктивних витрат часу дає підвищення продуктивності при одночасній прокатці двох зливків. Причиною підвищення динамічних навантажень при здвоєній прокатці зливків є захват другого зливка пари в період гальмування приводного двигуна й зіткнення зливків при захваті та викиді.

Швидкість викиду першого й захвату другого зливка пари повинна бути максимальною (щоб процес протікав без зниження швидкості) для забезпечення максимальної продуктивності. З іншого боку, максимальна швидкість при захваті другого зливка може бути причиною порушення стійкості захвату, пробуксовки валків і значних динамічних навантажень, тому доцільно знижувати швидкість валків перед захватом другого зливка.

Більш плавний захват металу валками відбувається при прокатці двох зливків без зазору між ними.

Зниження швидкості валків перед захватом другого зливка пари можна досягти двома шляхами. Перший шлях: при викиді зливка на максимальній швидкості машинний час для першого зливка буде мінімальним, а час прокатки пари зливків збільшиться за рахунок паузи (для зниження швидкості валків до швидкості при захваті). Другий шлях: при зменшенні швидкості валків перед викидом першого зливка машинний час його прокатки збільшиться, однак ліквідується пауза між викидом першого й захватом другого зливків, і в цілому час прокатки двох зливків зменшується.

При здвоєній прокатці зливків оператори, як правило, здійснюють викид першого зливка на нерухомий рольганг. При наявності паузи між зливками другий зливко ударяється об перший.

Принципово можливі чотири схеми взаємодії при зіткненнях зливків під час здвоєної прокатки (рис. 1.4).

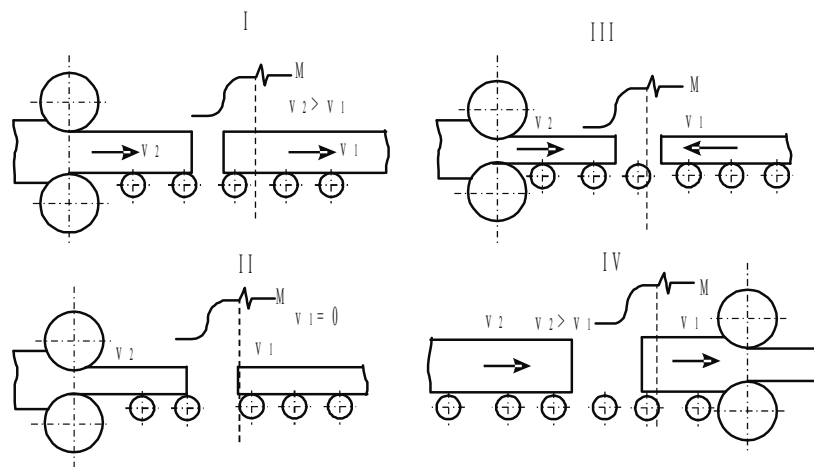


Рисунок 1.4 – Схеми взаємодії зливків під час їх зіткнень при здвоєній прокатці

Схема I. Перший зливоч після викиду з валків рухається по рольгангові з деякою затримкою, а другий — зі швидкістю, рівної швидкості прокатки, і доганяє перший. На малюнку схематично показана зміна моменту (М) прокатки при зіткненні, що відбувається в процесі руху обох зливків у напрямку прокатки.

Схема II. Перший зливоч після викиду з валків перед зіткненням повністю загальмовується рольгангом. При цьому другий ударяється об нерухомо лежачий на рольгангу перший зливоч.

Схема III. Перший зливоч після викиду з валків при підготовці до наступного пропуску розганяється рольгангом у зворотному напрямі і рухається до валків. Другий зливоч (у валках) і перший (на рольгангу), рухаючись назустріч один одному, зустрічаються.

Схема IV. Перший зливоч прокатується у валках зі швидкістю, меншої швидкості руху другого по рольгангові. Другий зливоч доганяє перший, і їх зіткнення відбувається при русі в напрямку прокатки. Така схема зіткнення спостерігається рідко.

Найбільшу небезпеку представляє зіткнення зливків, що рухаються назустріч один одному (схема III), оскільки вони викликають максимальні динамічні навантаження, які можуть привести до руйнування деталей головної лінії стану. Для усунення цих навантажень при здвоєній прокатці зливків необхідна синхронізація швидкостей і прискорень двигунів головного привода й рольганга, відвід рольгангом першого зливка пари від валків на відстань, рівне або більше довжини розкату із другого зливка.

У результаті прокатки на блюмінгу-слябінгу 1120 парами й по одному зливків масою 6,0...9,5 т у блюми 250 x 300 мм; 9,5...11 т у сляби 925 x 155 і 1000 x 200 мм встановлено, що спарена прокатка забезпечує підвищення продуктивності стану при виробництві блюмів на 22,2...23,5 % і слябів на 23,5...27,1 %. Оскільки цикл одночасної прокатки двох зливків зменшується в порівнянні із сумарним циклом прокатки двох зливків за звичайною технологією (по одному), продуктивність обтискного стану при застосуванні нової технології збільшується на 15...30 %.

1.3 Інтенсифікація технологічного процесу на блюмінгу

Основним показником, що характеризує ступінь інтенсифікації технологічного процесу в обтискному цеху, є годинна продуктивність блюмінга.

Годинна продуктивність обтискних станів визначається, як правило, по всаду, тобто по масі зливків, що прокатуються. Тим часом, на ряді заводів ураховується годинна продуктивність блюмінгів по виходу придатного металу, т/ч

$$P_6 = \frac{3600 \cdot Q \cdot k_{и.с.}}{T} \cdot k_{в.г.} \quad (1.1)$$

де Q – маса зливка, т; $k_{и.с}$ – коефіцієнт використання стану; $k_{в.г}$ – коефіцієнт виходу придатного металу; T — період (такт) прокатки, с.

Процес прокатки на обтискному стані протікає без перекриття циклу. Тому продуктивність блюмінга знаходиться в прямої залежності від періоду прокатки зливка (T), який дорівнює сумі машинного ($\sum t_m$) і допоміжного ($\sum t_b$) часу циклу й початкової паузи (t_H):

$$T = \sum_1^n t_m + \sum_1^{n-1} t_b + t_H,$$

де T - період прокатки зливка, n — число пропусків, t_m - сума машинного часу циклу, t_b - сума допоміжного часу циклу, t_H - початкова пауза.

Однак ця залежність не дає можливості встановити прямий зв'язок продуктивності блюмінга з всіма основними факторами, її визначальними, вона не конкретизує шляхи інтенсифікації технологічного процесу в обтискному цеху.

Зазначений недолік певною мірою усунутий Ю.М. Чижиковим, що представили витрати машинного й допоміжного часу за цикл прокатки зливка в трохі іншій інтерпретації. Можна записати, що

$$\sum t_m = \frac{L \left(\frac{P}{f} - 1 \right)}{v_{cp} \left(\sqrt[n]{\frac{F}{f}} - 1 \right)} = \frac{L(\mu_o - 1)}{v_{cp}(\mu_c - 1)},$$

$$\sum t_b = (n - k_k)t_p + k_k t_k + t_H.$$

З урахуванням виражень (1.2) і (1.3) рівняння (1.1) прийме вид

$$P_b = \frac{3600 \cdot Q \cdot v_{cp} (\mu_c - 1) k_{и.с} \cdot k_{в.г}}{L(\mu_o - 1) + (\mu_c - 1)(n - k_k)t_p + k_k t_k + t_H}. \quad (1.4)$$

У рівняннях L і F – вихідна довжина зливка і його середній перетин, м и m^2 ; Q – площа поперечного перерізу профілю, що прокатується, m^2 ; v_{cp} – середня швидкість прокатки за пропуск, м/с; μ_c і μ_o – відповідно середній і загальний коефіцієнти витяжки; k_k – число кантувань; t_p і t_k – тривалість пауз без кантування й з кантуванням, с.

Користуючись наведеними залежностями, розглянемо вплив окремих факторів на годинну продуктивність блюмінгу і виявимо можливості її

підвищення. Збільшення маси зливків у межах, обумовлених конкретними організаційно-технічними умовами, як правило, забезпечує зростання виробництва прокату. Особливо виявилася ця тенденція в останні роки. На малих обтискних станах маса зливків зросла до 8,5 т, на блюмінгах 1150... 1170 досягалася 10...12 т. При цьому маса зливків підвищується переважно за рахунок збільшення їх висоти.

Ріст маси зливка за рахунок його висоти збільшує не тільки продуктивність, але й знижує витрата металу на одну тонну прокату.

Розрахунки по формулі (1.4) показують, що при збільшенні висоти (довжини) зливка спокійної сталі (маса 8,2 т) на 100 мм, або на 4 %, пропускна здатність стану при прокатці перетину 300x280 мм може зрости на 1,9...2 % (рис. 1.5). У той же час необхідно підкреслити, що підвищення маси зливка за рахунок збільшення його перетину недоцільно, тому що це зажадає збільшення числа пропусків і додаткових витрат машинного й допоміжного часу на цикл прокатки.

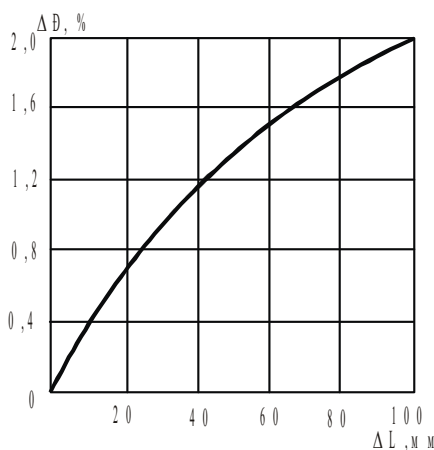


Рисунок 1.5 – Зміна годинного виробництва блюмінгу ΔP від збільшення довжини зливку Δl

Шлях підвищення продуктивності блюмінгів на основі збільшення маси зливків високоефективний, однак не завжди застосуємо. Збільшенню маси зливка перешкоджає розкрій металу, розмір камер нагрівальних колодязів, вантажопідйомність кліщових кранів, потужність головних двигунів обтискних станів, умови кристалізації виливків і ін. У цьому зв'язку особливо важливе значення набуває зниження такту прокатки за рахунок удосконалювання швидкісних режимів.

Швидкість прокатки — другий найважливіший фактор, що визначає продуктивність обтискного стану. У цей час на металургійних підприємствах практично немає розроблених і затверджених раціональних швидкісних режимів прокатки на обтискних станах, хоча в науково-технічній літературі приділено цьому питанню досить уваги. Фактично їх устанавлюють оператори дослідним шляхом без достатнього наукового обґрунтування, що приводить до нестабільності технологічного процесу.

Необхідність удосконалення швидкісних режимів з метою кращого завантаження блюмінгів більш очевидна, якщо врахувати, що можливості подальшого підвищення обтиснення практично вичерпані.

На рисунку 1.6 показані резерви росту годинної продуктивності обтискного стану при підвищенні швидкості прокатки.

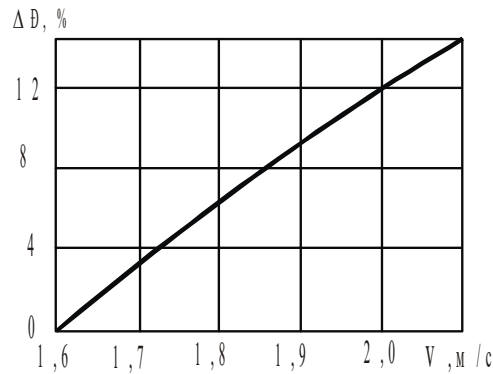


Рисунок 1.6 – Зміна годинного виробництва блюмінгу ΔP від середньої швидкості прокатки v

Відомо, що мінімальні паузи в пропусках без кантівок досягаються в обтискних станах при дотриманні «потрійної» умови, тобто за умови рівності витрат часу, пов'язаних з роботою натискного пристрою ($t_{н.у}$), рольганга ($t_{рол}$) і реверсуванням валків ($t_{рев}$):

$$t_{н.у} = t_{рол} = t_{рев}$$

$$\frac{\Delta H}{v_{к.у}} + \frac{v_{н.у}}{a_{н.у}} = \frac{2v_{п}}{2f_p \cdot g_t} = \frac{n_{в}}{a_t} + \frac{n_{з}}{a_a}$$

де ΔH - величина обтиснення в наступному пропуску, мм; $v_{н.у}$ і $a_{н.у}$ - швидкість і прискорення натискного гвинта, мм/с і мм/с²; $v_{п}$ - швидкість виходу штаби з валків, мм/с; f_p - коефіцієнт тертя між злитком і роликками рольганга; g_t - прискорення сили ваги, мм/с²; $n_{в}$ і $n_{з}$ - частота обертання валків при викиді й захвату зливка, с⁻¹; a_t і a_p - прискорення гальмування й розгону валків без металу, с⁻².

Таким чином, ріст реальної продуктивності обтискного агрегату при підвищенні швидкостей прокатки буде тем значніше, чим більше є можливостей збільшення швидкодії допоміжних механізмів стану. Наявність же несполучених операцій приводить до додаткових витрат часу (t_x), виходить, збільшення продуктивності не буде пропорційно зменшенню машинного часу.

Позначимо секундну продуктивність обтискного стану при роботі з дотриманням «потрійної» умови ($t_x = 0$) через Π_t , а при QFL — через Π . Тодля

$$\Pi = \Pi_T \frac{1}{1 + \Pi_T \frac{t_x}{QFL}}$$

Аналіз (1.5) показує, що форсування процесу прокатки при більших значеннях часу t_x виявляється вигідним лише при одночаснім зниженні витрат часу, пов'язаних з роботою допоміжних механізмів обтискного стану. З іншого боку, продуктивність блюмінга зменшується зі збільшенням t_x . Ефект від інтенсифікації технологічного процесу тем вище, чим менше величина несполучених витрат часу на виконання допоміжних операцій.

Суттєво впливають на продуктивність блюмінга розміри кінцевого розкату. Чим більше кінцевий перетин розкату, тем менше час прокатки й вище продуктивність стану. Розрахунки по формулі (1.5) показують, що при збільшенні кінцевого перетину профілів, що прокатуються, наприклад на один відсоток, годинна продуктивність блюмінгів зростає на 3,0...3,5 %. Однак збільшення перетину розкату вихідного з обтискного стану, повинне бути погоджене з роботою безперервно-заготовочного стану.

Число пропусків також впливає на ріст продуктивності обтискних станів. На рисунку 1.7 показана зміна годинної продуктивності блюмінга залежно від кількості пропусків при прокатці зливків спокійної сталі масою 8 т на перетин 300x300 мм. На рисунку 1.7 видно, що з зменшенням числа пропусків з 11 до 9 (наприклад, прокатувати блюм 330x330 мм) годинна продуктивність блюмінга зростає на 17...17,5 %.

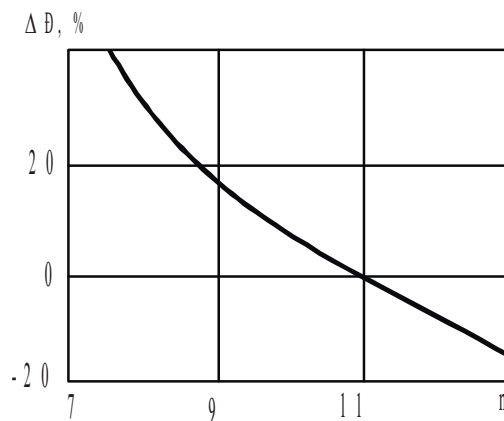


Рисунок 1.7 – Зміна виробництва блюмінгу ΔP від числа пропусків n

Усі обтискні стани металургійних заводів країни в останні роки різко скоротили число пропусків. Такий процес у технології обтискного виробництва досягається завдяки вдосконалюванню параметрів зливків, режимів обтиснення й швидкостей шляхом модернізації й реконструкції діючого встаткування.

Що катає діаметр робочих валків ДК впливає на продуктивність обтискного стану. Зі збільшенням ДК поліпшуються умови захвата й підвищується швидкість прокатки. Розрахунки показують, що збільшення

діаметра, що катає, на 10 мм (за інших рівних умов) підвищує годинну продуктивність блюмінга на 4...5 %.

1.4 Технологія прокатки на заготівельних станах

Заготівельні стани встановлюють безпосередньо за блюмінгом і залежно від конструкції мають різний сортамент:

- безперервні заготівельні стани з однієї групою клітей (наприклад, стан 700) прокатують великі сортові квадратні заготовки перетином від 125x125 до 140x140 мм і блюми перетином від 140x140 до 200x200 мм;

- безперервні заготівельні стани із двома групами клітей (наприклад, стан 700/500) прокатують сортові заготовки перетином від 60x60 до 140x140 мм і блюми перетином від 130x140 до 200x200 мм;

- послідовні трубозаготівельні стани випускають круглі заготовки діаметром 75...300 мм для наступного прошивання й розкочування на трубопрокатних агрегатах;

- заготівельні стани лінійного типу, установлені на заводах якісних сталей, прокатують зливки невеликої маси (1...3 т) у заготовки перетином до 140x140 мм.

Раніше для прокатки квадратних, круглих і прямокутних заготовок побудовані безперервні заготівельні стани двох типів:

- 14-клетевой стан 900/700/500, установлений безпосередньо за блюмінгом 1300, продуктивність стану відповідає продуктивності блюмінга 1300;

- 12-клетевой стан 850/700/500, установлений безпосередньо за блюмінгом 1150, продуктивність стану відповідає продуктивності блюмінга 1150.

Перший стан призначений для прокатки заготовок з вуглецевої і легованої сталей перетином від 80x80 до 200x200 мм, отриманих із блюмів перетином 400x400 мм і масою близько 12 т; другий — для прокатки заготовок перетином від 60x60 до 170x170 мм із блюмів перетином 300x300 мм і масою 7,2 т [26]. На цих станах із зазначених блюмів можна також прокатувати круглі трубні й плоскі заготовки.

Як приклад на рисунку 1.8 наведена схема безперервного заготовочного стану 900/700/500 для прокатки заготовок з вуглецевої і легованої сталей перетином від 80x80 до 200x200 мм із блюмів перетином 400x400 мм і масою 12 т. Він складається із двохвалкових клітей, розташованих у трьох групах: першої (обтискної) із двох клітей, другий — безперервної (чорновий) і третьої — безперервної (чистовий). Основна відмінна риса цього стану — чергування клітей з вертикальними й горизонтальними валками в безперервних групах.

Після різання на мірні довжини гарячі блюми перетином 400x400 мм надходять по рольгангу 1 (без додаткового підігріву) із блюмінга 1300 зі швидкістю близько 0,2 м/с у першу кліть 900x1300 мм. При необхідності блюм повертається на 180⁰ в горизонтальній площині для завдання його кінцем в кліть 900, у якому немає ознак усадочної рихлості. Перші дві кліті з валками 2 установлені окремо; відстань від другої кліті цієї групи до першої кліті другої

групи дозволяє здійснювати вільне кантування блюма за допомогою кантувача 3.

Друга група складається із двох клітей з валками 900x1300 мм і чотирьох клітей – 730x1300 мм (з них перша й третя (п'ята й сьома один по одному) – з вертикальними валками). При прокатці в другій групі можна одержувати заготовки перетином 200x200, 170x 170 і 150x150 мм (відповідно із четвертої, шостий і восьмий клітей). Великі заготовки перетином більш 150x150 мм із рольганга, що відводить, 7 за допомогою поперечного транспортера 9 направляються на бічний рольганг 8 з кінцевим стаціонарним упором 6; далі ці заготовки рольгангом 15 подаються до ножиць 16 з нижнім різом силою 10 МН, розріжуться на мірні довжини в межах 6...8 м і по рольгангах 19 і 23 направляються на холодильники 24. Заготовки перетином 150x150 мм, що виходять зі швидкістю до 2,3 м/с, по рольгангові 7 направляються до 3-й групі для подальшої прокатки.

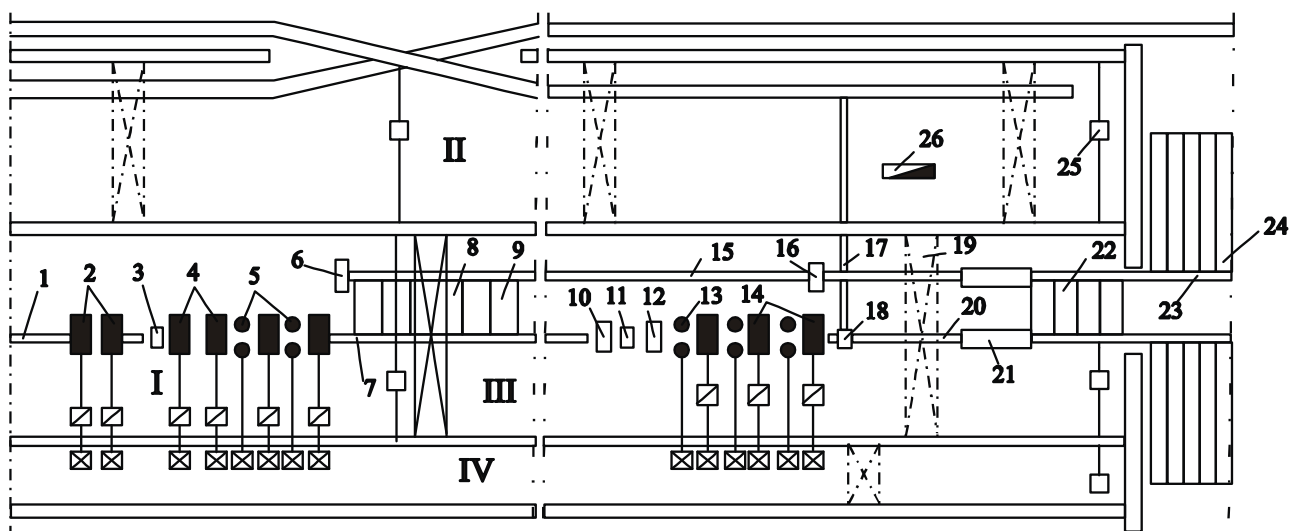


Рисунок 1.8 – Схема розміщення обладнання безперервно-заготівельного стану 900/700/500: I, III – прохід стану, II – крановий прохід, IV – електромашинний зал; 1, 15, 19, 20, 23 – рольганги, 2 – чорнова двохвалкова кліть 900x1300, 3, 12 – кантувач, 4, 5 – горизонтальна та вертикальна кліті безперервної чорнової групи, 6, 10 – упор, 7 – відводячий рольганг, 8 – боковий рольганг, 9, 22 – шлепери, 11 – летучі маятникові ножиці, 13, 14 – вертикальна та горизонтальна кліті другої безперервної чистової групи, 16 – ножиці, 17 – конвейєр обрізі, 18 – летучі швидкохідні ножиці, 21 – пакетуючий рольганг, 24 – холодильник, 25 – тельфер, 26 – яма для окалини.

Третя група складається із шести клітей, що чергуються, 530x900 мм із вертикальними 13 і горизонтальними 14 валками. Для того щоб у дев'яту кліть задавати заготовку з постійною температурою, на проміжному рольгангу заготовка зупиняється упором, що піднімається, 10 і витримується якийсь час на рольгангу. Передній нерівний кінець заготовки обрізується маятниковими летучими ножицями 11 силою 1,5 МН. Якщо буде потреба (за умовами

калібрування валків) заготовка кантується кантувачем 12. Після виходу з останньої кліті заготовка перетином до 80x80 мм розрізється летучими планетарними ножицями 18 на мірні довжини 8...12 мм; розрізані заготовки збираються в пакети на пакетуючому рольгангу 21 і по рольгангах 23 направляються на холодильники 24. Із третьої групи видаються заготовки перетином: з 10-й кліті — 120x120 мм зі швидкістю 3,5 м/с, з 12-й кліті — 100x100 мм зі швидкістю близько 5 м/с і з 14-й кліті — 80x80 мм зі швидкістю близько 7 м/с. Летучі планетарні ножиці силою 1,5 МН розріжуть заготовки, що рухаються із зазначеними швидкостями. Тут же здійснюється їхнє таврування.

На стані застосовані:

- 1) механізми для комплектної зміни валків і пересування горизонтальних і вертикальних клітей (при переході на прокатку в сусідньому калібрі);
- 2) універсальні шпинделі із шарнірами на підшипниках качення;
- 3) синхронізоване скіпове збирання обрізі від ножиців;
- 4) мездози для виміру сил прокатки й натягу заготовок при прокатці;
- 5) Охолоджуємі водою ролики рольгангів із приводом від двигунів з порожнім ротором;
- 6) автоматичне таврування заготовок;
- 7) програмуєча обчислювальна машина для керування роботою стану.

1.5 Технологія виробництва сортової сталі

Організація технологічного процесу прокатки сортового металу включає наступні основні операції:

- 1) підготовка металу до прокатки;
- 2) нагрівання металу перед прокаткою;
- 3) прокатка в калібрах, що поступово наближають перетин вихідної заготовки до перетину готового профілю;
- 4) обробка металу після прокатки.

При виборі схеми прокатки враховують розміри та призначення профілю, марку сталі, тип стану, ступінь його механізації і інші фактори. Сучасні сортові стани в основному — напівбезперервні й безперервні з індивідуальними приводами робочих клітей.

Прокатаний метал після розрізання ножицями або пилками, охолодження на холодильниках, виправлення роликів правильними машинами надходить на склад, де його оглядають, сортують, видаляють поверхневі дефекти, піддають контрольним випробуванням, тавруванню, маркуванню, укладанню в штабелі й іншим операціям. Обсяг цих операцій залежить від профілю, його розмірів, призначення та вимог, передбачених ДСТ і технічними умовами.

Рейкобалкові стани

Сучасною схемою рейкобалкового стану є прокатний стан, що складається з обтискної реверсивної кліті дуо, розташованої в першій лінії, двох клітей тріо й однієї нереверсивної кліті дуо, розташованих у другій лінії.

На сучасних рейкобалкових станах прокатують профілі із блюмів, нагрітих у печах, установлених між блюмінгом і рейкобалковим станом, що забезпечує незалежну роботу блюмінга й рейкобалкового стану й сприяє одержанню продукції високої якості.

На сучасному рейкобалковому стані 900/800 конструкції УЗТМ обробляють блюми довжиною 3,4...4,5 м, масою до 5,9 т, отримані безпосередньо із блюмінга або зі складу блюмів. Стан обслуговують дві рекуперативні методичні тризонні печі й дві регенеративні камерні печі.

Нагріті до 1200 °С блюми по рольгангові подаються до реверсивної обтискної кліті з валками діаметром 900 мм і довжиною бочки 2300 мм, що приводиться в рух реверсивним електродвигуном постійного струму потужністю 6320 кВт (0...60...120 об/хв.). Кліть 900 по конструкції аналогічна кліті блюмінга 1150 і відрізняється від неї розмірами й деякими конструктивними елементами.

Дуо-Реверсивна кліть 900 з передньої й задньої сторін обладнана маніпуляторами з кантувачами. Після кліті 900 розкат подається в другу лінію стану, що складається із двох чорнових клітей тріо й чистової кліті дуо. Валки чорнових клітей тріо діаметром 800 мм і довжиною бочки 1900 мм установлені в подушках з текстолітовими разом спресованими вкладишами, охолоджуваними водою, що й періодично змазуються, і обертаються від реверсивного електродвигуна потужністю 4560 кВт із частотою 0...70...140 об/хв. Станини кліті відкритого типу з'єднуються із кришками за допомогою бічних клинів. Кліть має верхнє й нижнє натискні пристрої з ручним приводом. Верхній валок урівноважується пружинами. Кліть обладнана водяними форсунками для охолодження валків і змочування пилі при прокатці.

Чистова кліть дуо розташована на одній лінії із чорновими клітями й має валки діаметром 800 мм і довжиною бочки 1100 мм, які обертаються від електродвигуна постійного струму потужністю 1840 кВт із частотою обертання 0...80...160 об/хв. Валки чистової кліті встановлені на чотирирядних роликівих підшипниках, змащення підшипників проводиться під тиском. Перевалка валків чорнових клітей тріо й чистової кліті дуо проводиться клітями.

Друга лінія обладнана з передньої й задньої сторін рольгангами і шлеперами, а кліті тріо по обидва боки постачені підйомно-хитними столами.

При прокатці двотаврових широкополочних балок на місце чистової кліті дуо встановлюють універсальну кліть. Універсальна кліть має приводні горизонтальні валки діаметром 980 мм і довжиною бочки 600 мм і вертикальні холості валки діаметром 700 мм і довжиною бочки 300 мм, осі яких розташовані в одній площині з осями горизонтальних валків. Горизонтальні валки встановлені в цільно-пресовані текстолітові підшипники та обладнані нижнім і верхнім натискними пристроями.

Прокатані штаби надходять після чистової кліті по шість пересувним дисковим салазковим пилкам, де штаба розріжеться на мірні довжини. Після розрізки на пилках рейки клеймуються на клеймовочній машині (номер плавки й порядковий номер рейки). Далі рейки надходять у роликову гибочну машину,

що складається із двох горизонтальних і двох вертикальних роликів для гарячого згинання їх на підшву. Після загибу їх передають по рольгангові, що підводить, на канатний шлеперний холодильник. Холодильник обладнаний кантувачем для кантування рейок до передачі їх на термічну обробку й для кантування балок і інших профілів до та після охолодження. На всіх сучасних рейкобалочних станах рейки піддають уповільненому охолодженню або ізотермічній витримці для запобігання утвору флокенів. Уповільнене охолодження рейок здійснюється в колодязях, вимощених вогнетривкою цеглою знімні кришки, що й мають. Після охолодження рейок на холодильнику до появи магнітних властивостей (не нижче 400...500 °С) їхніми магнітними кранами укладають у колодязі, де прохолоджують до 100...150 °С (приблизно 6...8 ч).

Більш ефективним способом запобігання утвору флокенів є ізотермічний витримка в печах. Рекомендується режим обробки: підстуження рейок до 350 °С, посадка в піч при 650 °С, витримка 2 ч.

Для поліпшення властивостей рейок застосовується також нормалізація. Тривалість нагрівання в печах нормалізації дорівнює приблизно 30 хв. Після нагрівання до 860...880 °С рейки видають на повітря для охолодження або направляють у сорбітизаційну машину для загартування поверхні катання рейок по всій довжині.

У наведеному як приклад рейкобалковому стані для якісної заготовки застосовуються пристрої для вповільненого охолодження, а для рейок — ізотермічні печі. Після вповільненого охолодження або ізотермічної витримки рейки надходять на центральний холодильник, де прохолоджуються до 50...60 °С, і потім подаються по двох роликотправильних машинах, а звідти на чотири правильні вертикальні штемпельні преси для остаточного виправлення. Обробка рейок проводиться на декількох потокових лініях і складається з виправлення на дві роликотправильних машинах і чотирьох вертикальних штемпельних пресах, фрезерування торців на горизонтальних одношпindelних верстатах і свердлення отворів на тришпindelних свердлильних верстатах.

Для збільшення міцності та зносостійкості рейок після фрезерування і свердління їх кінці гартують струмами високої частоти для одержання сорбітної структури. Твердість загартованих кінців по Бринеллю повинна бути в межах 300...400 НВ.

Для об'ємного загартування рейки з оздоблювального прольоту транспортуються на склад, звідки подаються на завантажувальний стелаж, де й комплектуються в пакети по 8...11 шт. у положенні «лежачи на боці». У гартівну піч, що полягає із семи зон, пакети надходять періодично через 5...7 хв. Нагріті рейки із зони видачі забираються особливим пристроєм по одному, кантуються на рольгангові й подаються в гартівну барабанну піч, де при 850 °С поринають у підігріте до 50...80 °С масло. З печі рейки за допомогою виштовхувача й тягнучих роликів видаються на закритий стелаж, де пакетуються по 10...18 шт. Потім вони подаються в піч відпустки (при 450 °С

протягом 2 ч). Після відпустки рейки прохолоджуються на холодильнику й задаються в комбіновану роликорправильну машину, що полягає із шестивалкової горизонтальної й шестивалкової вертикальної машин для виправлення у вертикальній і горизонтальній площинах. Далі рейки надходять на інспекторські стелажі для їхнього приймання й маркування. Прийняті рейки пакуються на спеціальному пристрої й передаються на склад або безпосередньо у вагони для відвантаження.

Великий вплив на якість і експлуатаційну стійкість рейок, як відомо, виявляють залишкові напруги, що виникають у процесі охолодження рейок після прокатки й у результаті термічної обробки. Загартування головок рейок водоповітряною сумішшю при попередньому пружному вигині значно знижує залишкові напруги, що підвищує експлуатаційну стійкість рейок.

Двотаврові балки, швелери й інші профілі, що прокатуються на рейкобалковому стані, після різання на салазкових пилках на мірні довжини складаються на холодильнику й надходять у спеціальне відділення, де зазнають виправлення на роликорправильних машинах і горизонтальних правильних пресах. Різання прокату на мірні довжини й вирізка шлюбу після огляду на інспекторських стелажих проводиться ножами холодного різання.

Продуктивність сучасного рейкобалкового стану становить 160...200 т/ч або 1,3...1,5 млн. т у рік; продуктивність рейкобалкового стану старого типу не перевищує 750...800 тис. т у рік.

Крупносортні стани

Сучасні крупносортні стани з діаметром робочих валків 500...650 мм, кліті яких розташовані послідовно, зигзаговидно або у дві лінії, забезпечують високу продуктивність, до 1 млн. т і більш на рік.

Напівбезперервний крупносортний стан 600 з 17 робочими клітями й індивідуальними приводами, розташованими в трьох паралельних лініях, призначений для прокатки сортової вуглецевої сталі й трубної заготовки із блюмів перетином 300 x 300 мм, довжиною 5,5...6,0 м, середньою масою 4,15 т, одержуваних з обтискного цеху. Нагрівання металу проводиться в три п'ятизонних дворядних методичних печах з нижнім підігрівом, з торцевою посадкою й видачею. Печі опалюються коксовим газом і обладнані пальниками низького тиску й керамічними рекуператорами для підігріву повітря. Окалина віддаляється з печей у сухому виді в спеціальні ринви, з яких вона змивається водою; продуктів, що тепло відходять, горіння використовується в казанах-утилізаторах. Продуктивність кожної печі при холодному всади блюмів ПО... 120 т/ч. Блюми, видані з печі, зупиняються на прийомному рольгангу за допомогою амортизаторів. Пересувний кантувач повертає блюм за допомогою шайби, що кантує; після кантування на^о 90 застосовується гідро-збивши окалини із блюма. Блюм надходить у кліть 850 з горизонтальними валками. Верхній і нижній валки настроюються гвинтовими механізмами. Обтиснутий блюм по рольгангові надходить до першої безперервної групи, що полягає із трьох клітей з горизонтальними валками й двох з вертикальними.

Робочі валки клітей 850 і 730 обертаються в чотирирядних підшипниках кочення, мають литі станини закритого типу, з'єднані траверсами; установка валків проводиться через черв'ячні гвинтові пари, перевалка валків — опусканням комплекту подушок і наступним виведенням із прорізу станини за допомогою гідроприводу.

Після першої безперервної групи клітей встановлена прохідна роликосна підігрівальна піч продуктивністю до 360 т/ч, де розкат підігрівається до 1180 °С. Для розподілу гарячих розкатів на частині й видалення передніх кінців після прохідної печі встановлені ножиці гарячого різання. Ножиці ексцентрикові з нижнім зрізом і паралельними ножами із плаваючим механізмом різання. Максимальний перетин, що розріжеться, 260x180 мм при мінімальній температурі 900...950 °С; число різів 6...11 у хвилину.

Після розрізання розкат направляється в кліть 730 з горизонтальними валками, потім його прокатують у другій безперервній групі клітей, що полягає із трьох клітей: однієї з вертикальними й двох з горизонтальними валками. Після другої безперервної групи клітей розкат попадає в чотири кліті другої паралельної лінії з горизонтальними валками й далі — у третю паралельну лінію, у якій є три кліті із трьома горизонтальними валками. Останні п'ять клітей 580 являють собою чистову групу горизонтальних знімних клітей, валки яких обертаються в підшипниках рідинного тертя. Кліть складається із двох литих станин відкритого типу; на станині встановлена лита траверса, постачена пристосуванням для транспортування кліті мостовим краном. Зрівноважування валків — пружинне. Шпиндельне з'єднання складається із двох універсальних шпинделів, що врівноважуються гідравлічним пристроєм. При настроюванні кліті шпиндельне з'єднання переміщається разом з робочою кліттю, забезпечуючи нерухомість шестеренної кліті. Перевалка валків проводиться за допомогою гідроприводу.

Перед усіма горизонтальними клітями, за винятком IV, VI, IX і X, встановлені кантувачі, які можуть переміщатися в поперечному напрямку прокатки. На робочих клітях XIII, XVII вступні й вивідні коробки змонтовані на спеціальних каретках, які при зміні калібрів і перевалках відсуваються від клітей. Завдяки прийнятій схемі передачі розкатів з однієї лінії на іншу можна якщо буде потреба виключити з роботи ті або інші кліті.

При прокатці двотаврових балок на місце останньої чистової горизонтальної кліті встановлюють універсальну робочу кліть. Швидкість прокатки в цій кліті досягає 10 м/с.

Після ножиців гарячого різання перебуває стелаж, на який розкат за допомогою канатного шлеперу передається з рольганга, а також для збирання металу в пакети масою до 10 т при аварійній розвантаженні підігрівальної печі.

Після клітей XII і XIII встановлені шлепери для передачі розкату на третю паралельну лінію прокатки.

Для різання прокату на мірні довжини встановлено вісім пересувних важільних дискових пилок, одна пересувна пилка для обрізки переднього кінця

й одна стаціонарна для обрізки заднього кінця. Пилки з діаметром диска 1800 мм розраховані на розрізання металу з температурою до 900 °С.

У пилок установлені важільні штовхачі для передачі нерозрізаного прокату із провідного рольганга на стелаж і розрізаного прокату на, що відводить рольганг. Для зупинки розрізаного прокату ділянка пила обладнано двома пересувними й сьома стаціонарними упорами.

Стан має чотири секції холодильників, обладнані ланцюговими канатними шлеперами. Між вхідними й вихідними шлеперами розташовані транспортери, призначені для охолодження й транспортування прокату. На холодильниках установлені кантувачі для кантування рейок і балок на 90° і швелерів на 180°. Для таврування прокатної продукції встановлені клеймителі. На ділянці холодної обробки встановлено чотири пересувні сортоправильні машини, замість яких можна встановлювати секції рольгангів. Для різання профільного прокату в холодному стані є чотири дискові пилки, обладнані канатними шлеперами для збирання металу в пакети й передачі їх пилкам. Зі стелажів видачі готовий прокат надходить у кишені й після вв'язування дротом у пачки його забирають на склад. Ділянки гарячої й холодної обробки розташовані так, що можлива одночасна подача металу до двом холодильникам. Потоки від них також розділені, і, таким чином, прокат одночасно надходить на чотири ділянки.

Для виправлення трубної заготовки поза загальним потоком є правильна машина з косо розташованими роликами. Для свердлення трубної заготовки встановлений іглофрезерний верстат; для огляду поверхні заготовок ділянка обладнана стелажимами із чотирма лініями рольгангів, постачених роликами, що кантують. Заготовки з дефектами надходять на чотири лінії обдирково-фрезерних верстатів.

Ділянка рельсовідділки обладнаний правильним пресом, чотирма верстатами для свердлення отворів, стелажимами, рольгангами й шлеперами. Ділянка обробки прокату обладнаний вертикальним правильним пресом, пилкою холодної різання, рольгангами, кантувачами й іншими допоміжними механізмами. Продуктивність стану — до 1,6 млн. т/рік.

Універсальний балковий стан

Універсальний балковий стан (УБС) Нижнетагильського металургійного комбінату призначений для випуску двотаврових профілів. При розробці стандартів на широкополочні двотаври враховувалася необхідність скорочення втрат при їхньому виробництві: використання найменшої кількості комплектів валків і скорочення їх витрати, робота з меншою кількістю перевалок. Прокатка ведеться з повторним послугу блюмінга нагріванням заготовок; для нагрівання заготовок застосовані сучасні нагрівальні печі із крокуючим подом; контроль і обробка прокату здійснюються в потоці; перевалка валків виконується клітями; передбачені гідрозбивчі окалини з поверхні розкатів і примусове охолодження двотаврів на холодильнику; керування технологічним процесом має високий ступінь автоматизації.

Стан складається із шести робочих клітей, скомпонованих у чотири лінії. Перша лінія має одну реверсивну обтискну двохвалкову кліть із валками діаметром 1300 мм. Привод валків здійснюється від двох електродвигунів потужністю по 5250 кВт. Друга й третя лінії (проміжна й перед чистова) складаються із двовалкової допоміжної й чотирьохвалкової універсальної клітей. У четверту лінію входить одна чистова універсальна кліть із горизонтальними валками діаметром 1350...1500 мм, горизонтальні валки трьох універсальних клітей приводяться через шестеренні клесний від електродвигунів потужністю відповідно 8500, 6500 і 4500 кВт. Вертикальні валки — не приводні діаметром 950...1100 мм. Валки допоміжних двовалкових клітей мають діаметр 1250 мм і приводяться електродвигуном потужністю 3400 кВт через шестеренну кліть. Вихідним матеріалом для прокатки балок на цьому стані є зливки масою до 23 т прямокутного й фасонного (двотаврового) перетину. Останні застосовують для прокатки балок висотою більш 600 мм. Зливки прокатуються в чорновий балковий профіль на двовалковому реверсивному, блюмінгу з валками діаметром 1500 мм. Обертання валків здійснюється від двох електродвигунів потужністю по 7000 кВт і частотою обертання 0...50...90 про/хв.

Прокатка заготовок на стані проводиться в реверсивному режимі (за винятком чистової кліті). Залежно від профілю, що прокатується, в обтискній двотавровій кліті роблять 5...11 пропусків, у проміжній лінії — 3...7 і в перед чистовій — 3 пропуску; максимальна швидкість прокатки в чистовій кліті 12 м/с. Годинна продуктивність залежно від профілю становить 95...210 т.

Конструкція обтискної кліті 1300 дозволяє робити прокатку у відкритих і закритих калібрах. Така можливість була закладена в процесі конструювання кліті й привела до збільшення діаметра одного робочого валка по буртах до 1700 мм, а також у цілому габаритних розмірів усієї кліті. Обтискна двовалкова кліть має звичайну конструкцію. Максимальний підйом верхнього валка становить 1050 мм. Перевалка здійснюється також традиційним способом — комплект валків висувається убік рейковим механізмом.

Перевалка універсальної й допоміжної клітей здійснюється (одночасно) пристроєм, виконаним у двох рівнях: поперечне переміщення — по естакаді візками кранового типу, поздовжнє — підлоговими механізмами. Кліті висуваються в сусідній проліт, а на їхнє місце цим же пристосуванням устанавлюються кліті з новими комплектами валків і арматурами.

Перед кожною лінією робочих клітей є пристрої для гідрозбиву тиском 15 МПа окалини з поверхні розкату.

На стані встановлено шість пилко гарячого різання маятникового типу, з них чотири рухливі. Різання розкату проводиться у два або три приймання. Мінімальна довжина двотавра після гарячого різання становить 12 м. Різання кінців здійснюється одночасно на дві вартіх поруч стаціонарних пилках. Між пилками встановлені рухливі секції рольгангів; на рамі також устанавлена секція рольганга. Такий розв'язок спрощує переналагодження пилко. Ділянка

пила обладнана пристроєм для без упорної зупинки розкату, скіповим підйомником для збирання обрізи, клеймовочною машиною.

На стані є два двосекційні холодильники крокуючого типу шириною по 30 м. Двотаври по проекту повинні прохолоджуватися в положенні «на полку» суцільним пакетом. Установлене, що при цьому залишкові напруги в елементах двотавра виявляються мінімальними.

Устаткування для обробки, контролю, до відділки й збирання готового прокату на склад скомпоноване у два потоки, розташованих праворуч і ліворуч від холодильника. До складу потоку входять: дві роликотправильні машини для горизонтального й вертикального виправлення двотаврів, дві лінії огляду, обладнані кантувачами, збиральні й розподільні стелажі, горизонтальний правильний прес і пила холодного різання. Усі машини потоку зв'язані між собою стелажимами й рольгангами.

1.6 Технологія виробництва товстолистової сталі (ТЛС)

До товстолистової сталі (ТЛС) відносять аркуші товщиною 4... 160 мм, шириною понад 600 мм, довжиною до 28 м (іноді ТЛС товщиною понад 50 мм називають плитами).

У якість заготовки для ТЛС застосовують зливки й сляби. У цей час вважається загальноприйнятим прокатку листів товщиною $h = 4...50$ мм робити зі слябів, а товщиною $h > 50$ мм — зі злиwkів. Сляби, застосовувані для виробництва ТЛС, прокатують на слябінгу, блюмінгу або відливають на машинах безперервного лиття заготовок (МНЛЗ). Останній спосіб одержання заготовок є найбільш сучасним і перспективним, тому що заміна слябінга МНЛЗ підвищує продуктивність праці на 7...8 %, знижує собівартість продукції на 8 %, збільшує вихід придатного металу в середньому на 8...12 % для вуглецевих сталей і на 15...20 % для легованих.

По призначенню розрізняють наступні види ТЛС.

Листову сталь для казанобудування прокатують зі сталей 09Г2С, 10Г2С1, 09Г2С0 і ін. Для цих сталей при механічних випробуваннях визначають межа міцності, границя текучості, відносне подовження, ударну в'язкість. Сталь випробовують на вигин у холодному стані, у зламі сталь повинна мати однорідну дрібнозернисту структуру, у ній не повинне бути усадочної рихлості, розшарувань, газових міхурів і жужільних включень.

Для суднобудування прокатують вуглецеву сталь 1пс, 09Г2, 10Г2С1Д, Ст3пс і ін. Цю сталь піддають механічним випробуванням на розтягання й на вигин у холодному стані.

Для виготовлення клепаных і зварених конструкцій мостів, промислових і цивільних споруджень, вагонів прокатують мартенівську спокійну вуглецеву сталь М16С, мартенівську киплячу й спокійну сталь Ст3.

Для виготовлення різних конструкцій прокатують якісну вуглецеву конструкційну сталь марок 08...50. Ця сталь поставляється в термічно обробленім стані й зазнає випробуванням на розтягання й на вигин у

холодному стані, на поверхні листів не допускаються шари окалини, рябізна, вм'ятини й інші дефекти.

Для виготовлення зварених труб, що працюють в умовах низьких температур, прокатують мало перлітні сталі типу 09Г2СФБ, які мають підвищену ударну в'язкість.

Коротка характеристика технологічного процесу

Загальна схема технологічного процесу ТЛС представлена на рис. 5.1.

Підготовка заготовок (зливків або слябів) до нагрівання припускає огляд поверхні й видалення виявлених поверхневих дефектів. Звичайно ця операція проводиться за допомогою газової вогневої або абразивного зачищення.

Нагрівання слябів здійснюється в методичних печах, а зливків — у колодязях. Внаслідок інтенсивного охолодження листів при їхній прокатці нагрівання здійснюється до можливо високої температури. Вона залежить від хімічного складу сталі й становить 1150... 1280 °С. Тривалість нагрівання залежить від товщини заготовки, складу сталі й температури при її посадці.

Прокатка ТЛС здійснюється на товстолистових станах (ТЛСТ) різної конструкції. Докладна характеристика цих станів дана в роботах [14, 15], де розглянуті короткі характеристики основних типів ТЛСТ.

В одно клітьових двовалкових станах (дуо) звичайно катають плити. Діаметр валків таких станів $D = 900... 1400$ мм, довжина бочки $L = 3000...4000$ мм (іноді до 5500 мм), швидкість прокатки 1,9...3,7 м/с. Прокатують зливки масою понад 50 т. Стани дуо — реверсивні, із приводом постійного струму.

Одноклітьові чотирьохвалкові стани (кварто) через підвищену твердість кліті в порівнянні із двовалковими одержали широке поширення при прокатці широких листів і броні. Діаметри валків таких станів: D_p — до 1400 мм, D_{op} — до 2000 мм; довжина бочки — до 5500 мм, швидкість прокатки — до 4,5 м/с. Сортамент листів: товщина $h = 20...250$ мм, ширина B — до 5200 мм, маса зливків — 60 т і більш. Стани кварто — реверсивні, із приводом від двигунів постійного струму.

Універсальні стани прокатують ТЛС із катаними бічними крайками. За рахунок цього знижується бічна обрізь і підвищується вихід придатного металу приблизно на 10 %. Універсальні стани будуються одно клітьовими із тривалкової, рідше двовалковою, горизонтальною кліттю й однієї або двома парами вертикальних валків. Розміри валків універсальних станів: діаметр вертикальних валків $D_v = 450...600$ мм, довжина бочки валків $L_6 = 400...500$ мм; горизонтальні валки: діаметр верхнього й нижнього валків $D_{в.н} = 700...900$ мм, діаметр середнього валка $D_{cp} = 550...650$ мм, довжина бочки L_6 — до 2000 мм, швидкість прокатки — 2,0...3,0 м/с.

Універсальні стани прокатують аркуші товщиною $h = 6...50$ мм, шириною B - до 1800 мм. У якості заготовки застосовують сляб або зливку масою до 6 т.

У цей час вважається, що найбільше повно відповідають сучасним вимогам продуктивності, економічності і якості продукції двоклітьові стани з послідовним розташуванням робочих клітей.

Залежно від конструкції робочих клітей розрізняють наступні схеми двоклітьових станів:

Чорнова кліть	чистова кліть
тріо	тріо
дуо	тріо
дуо	кварто
тріо	кварто
кварто	кварто

Остання схема двоклітьових станів вважається найбільш сучасною, однак у деяких випадках перед чорною кліттю встановлюється додатково окалиноломач із вертикальними валками й чистова кліть робиться універсальною.

У двоклітьових станах робочі валки чорнової кліті мають діаметр до 1130 мм, а опорні до 2030 мм; робочі валки чистої кліті мають діаметр до 1030 мм, а опорні до 2160 мм. Довжина бочки валків на двоклітьових станах становить 2300...3600 мм.

Для прокатки ТЛС застосовують також напівбезперервні й безперервні широкомутові стани.

При прокатці ТЛС залежно від конструкції стану, розмірів заготовки й готового листа, вимог до якості листів застосовують різні схеми прокатки. Основні з них, попередньо відзначивши, що прокатка уздовж осі зливка або сляба називається поздовжньою прокаткою, а перпендикулярно до осі зливка або сляба — поперечною.

Схема прокатки ТЛС зі зливка включає наступні операції:

1. Усунення конусності й ребристості зливка шляхом поздовжньої прокатки за 3...4 пропуски.

2. Одержання необхідної ширини шляхом поперечної прокатки за необхідну кількість пропусків згідно з розрахованим режимом обтиснень. Ця операція необхідна тому, що ширина готового листа значно більше ширини зливка. Одержання необхідної ширини проводиться після кантівки розкату в отриманої площини на кут (у станах тріо) (рис. 1.9) або під прямим кутом. При прокатці на кут спотворюється форма листа, що приводить до збільшення обрізі, однак зменшуються динамічні навантаження на деталі стану, тому що ширина вогнища деформації збільшується поступово.

3. Одержання необхідних товщини й довжини шляхом поздовжньої прокатки за необхідну кількість пропусків згідно розрахованому режиму обтиснень. Перед поздовжньою прокаткою проводиться кантування на 90° ширини сляба й готового листа. Розглянемо деякі схеми прокатки.

Ширина сляба більше або дорівнює ширині листа ($V_{сл} > V_{л}$). У цьому випадку одержання товщини й довжини проводиться шляхом поздовжньої прокатки за необхідну кількість пропусків.

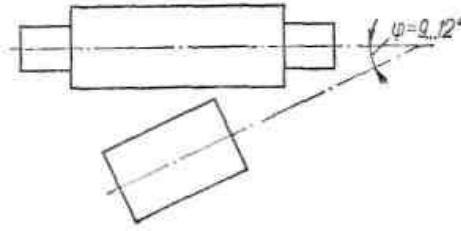


Рисунок 1.9 – Схема розкату ширини на кут

Ширина сляба менше ширини листа ($B_{сл} < B_{л}$). Схема прокатки для розглянутого випадку складається з: поздовжньої прокатки до довжини розкату, рівної приблизно довжині бочки валка; поперечної прокатки для досягнення ширини розкату, рівній ширині листа, за необхідну кількість пропусків, при цьому прокатка може здійснюватися на кут; поздовжньої прокатки для одержання заданої товщини й довжини листа.

Ширина сляба менше ширини листа ($B_{сл} < B_{л}$) і довжина сляба менше ширини листа ($l_{сл} < B_{л}$). Схема прокатки складається з поздовжньої прокатки найчастіше за один пропуск із метою одержання довжини розкату, що дорівнює ширині листа, і поперечної прокатки для одержання заданої ширини й довжини листа.

Ширина сляба менше ширини листа ($B_{сл} < B_{л}$) і довжина сляба дорівнює або більше (приблизно на 100 мм) ширини листа ($l_{сл} > B_{л}$). У цьому випадку здійснюється тільки поперечна прокатка.

Вибір раціональної схеми прокатки вимагає аналізу великої кількості факторів: продуктивності стану, розмірів заготовки й готового листа, витрати металу, механічних властивостей і т.д. Так, наприклад, продуктивність стану 2800 при поперечній схемі прокатки за рахунок відсутності одного кантування й можливості більш рівномірного розподілу обтиснень підвищується на 8...10 %. Крім того, при прокатці вузьких листів поперечна схема нераціональна, тому що сляби виходять невеликої довжини й великої товщини, тому на стані 2800 поперечна прокатка рекомендується для листів шириною більш 1800 мм.

Технологія прокатки на двоклітьовому товстолистовому стані

Як вказувалося вище, сучасним типом товстолистового стану є двоклітьовий стан. Прикладом такого стану є стани 2800, що працюють у СРСР. На рисунку 1.10 представлена схема розташування основного устаткування устану 2800.

Стан 2800 призначений для виробництва листів товщиною h — 4...50 мм, шириною 1000...2500 мм, довжиною l до 18 м з вуглецевих, конструкційних і легованих марок сталей. У якості заготовки застосовуються сляби товщиною H = 125...250 мм, шириною B = 700...1600 мм, довжиною l = 2,5...6,0 м і масою до 12 т.

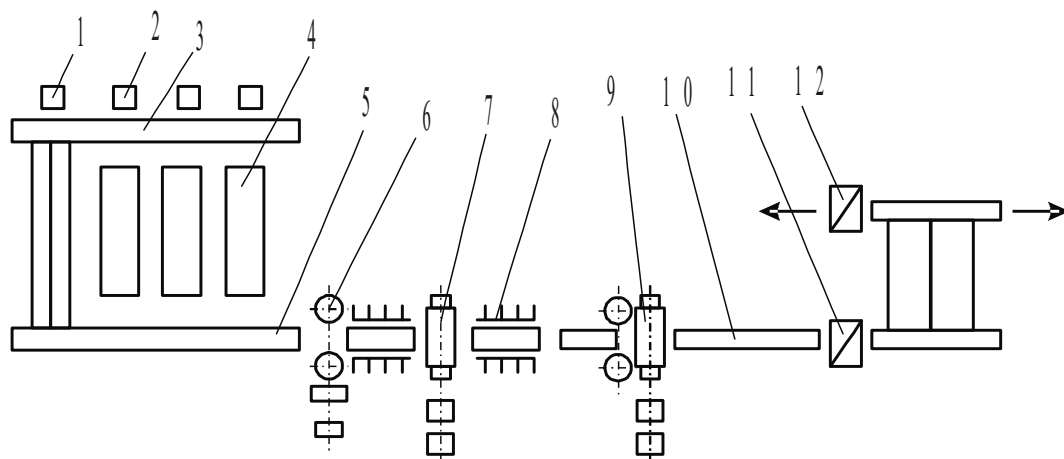


Рисунок 1.10 – Схема розміщення основного обладнання товстолистового стану 2800

У таблиці 1.1 дана коротка технічна характеристика стану 2800.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика ТЛСТ 2800

Тип клітей	Розмір валків, мм		Головний привід		
	D	L	N, кВт	n, Гц	тип
Вертикальна	1000	700	880	15	індивідуальний
Чорнова дуо	1150	2800	2x2570	3...4...6	індивідуальний
Чистова універсальна:					
горизонтальні валки	800/1400	2800	550	6...9...12	через шестеренну кліть
вертикальні валки	700	400	2x200	50...100	індивідуальний

Цех стану 2800 розташований у трьох прольотному будинку, має у своєму складі три методичні нагрівальні печі, опалювальні сумішшю природного, коксового й доменного газів, кліть із вертикальними валками, чорнову кліть дуо, чистову універсальну кліть кварто й дві лінії обробки для листів товщиною $h = 4...25$ мм і $h = 25...50$ мм (рис. 1.10).

Минулі огляд і ремонт сляби із завантажувальних пристроїв / рольгангом 3 подаються до нагрівальних печей 4, де проводиться завантаження штовхачами 2. Нагріті до температури прокатки сляби з методичних печей прийомним роликівим конвеєром 5 подаються у вертикальну кліть 6, де проводиться обтиснення бічних крайок і видалення окалини.

У чорновій кліті дуо 7 проводиться прокатка розкату за кілька пропусків за прийнятою схемою й розрахованому режиму обтиснень. З передньої й задньої сторін кліті дуо встановлені конічні ролики 8 для кантування сляба в горизонтальній площині й маніпулятори для правильного завдання розкату у валки. У кліті дуо проводиться також видалення окалини з поверхні розкату.

Після прокатки в чорновій кліті розкат по рольгангові передається в універсальну чистову кліть кварто 9, де й проводиться (за необхідну кількість пропусків) прокатка до кінцевої товщини й довжини листа. Прокачаний аркуш по рольгангові 10 направляється до листоправильних машин 11 або 12 (залежно від товщини листа), а потім іде на обробку.

Одним з найбільших у Європі товстолистових станів є стан 3600 металургійного комбінату «Азовсталь». Сортамент стану 3600 передбачає прокатку листа товщиною 5...50 мм і плит товщиною 50...200 мм, максимальна ширина листа 3,2 м, дина 28 м, плит — 3,2 і 12 м відповідно. Готова продукція випускається з різних марок сталей: вуглецевої звичайної якості, вуглецевої для суднобудування, для містобудування, для будівництва котлів, низьколегованої для магістральних трубопроводів і ін.

Прокатка листів і плит здійснюється з литих і катаних слябів і зливків. Сляби мають товщину 130...350 мм, ширину 1100... 1900 мм, довжину до 3,4 м, масу до 16 т. Зливки мають товщину 450...940 мм, ширину 1300...2000 мм, довжину до 3,0 м, масу до 37 т.

Стан 3600 складається з п'яти нагрівальних методичних печей, чотирьох груп нагрівальних колодязів, вертикального окаліноломача, чорновий і чистовий реверсивних клітей кварто, робочого рольганга, конічних роликів для повороту заготовки в горизонтальній площині на 90°, машини гартування, печей нормалізації, правильних машин, холодильників і ділянки обробки.

Коротка технічна характеристика робочих клітей наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Коротка технічна характеристика робочих клітей ТЛСТ 3600

Найменування кліті	Тип кліті	Розмір валків, мм		Електропривод		Швидкість прокатки, м/с
		d	L	N, кВт	n, Гц	
Вертикальна	дуо	900	1400	2x1800	0...12	3,5
Чорнова	кварто	1130/1800	3600	2x6920	0...8	4,4
Чистова	кварто	1030/1800	3600	2x8800	0...14	6,0

1.7 Технологія виробництва тонколистової гарячекатаної сталі (ТЛГС)

Останнім часом усе більше поширення одержує виробництво листової сталі на напівбезперервні (ПШС) і безперервних ширококутових станах (НШС) гарячої прокатки. Більш 70 % смугової сталі прокатується на ширококутових станах. Бурхливий розвиток виробництва листової сталі на цих станах пояснюється високими техніко-економічними показниками. У порівнянні з іншими типами станів вони більш вигідні по експлуатаційних видаткових коефіцієнтах, по первісних питомих витратах, відрізняються більшою продуктивністю, меншою вагою встаткування (на одиницю продукції, що випускається). Листова сталь на ПШС і НШС проводиться рулонним способом, тому вона дешевше на 7...10 % по листового виробництва. Якість листів рулонного способу як по чистоті поверхні, так і по допусках високе. У порівнянні з по листному або пакетному виробництвом продуктивність при рулонному способі в 20...30 раз більше, а собівартість листа нижче в 2, 5 рази.

Загальна схема технологічного процесу

Загальна схема технологічного процесу виробництва ТЛГС представлена на рисунку 1.11.

Вихідною заготовкою для ПШС і НШС на сучасних металургійних заводах є сляби, прокачані на блюмінгу, слябінгу або відлиті на МНЛЗ. Сортамент слябів по ширині до 2000 мм, по товщині — 120...300 мм, по довжині до 10,5 м.

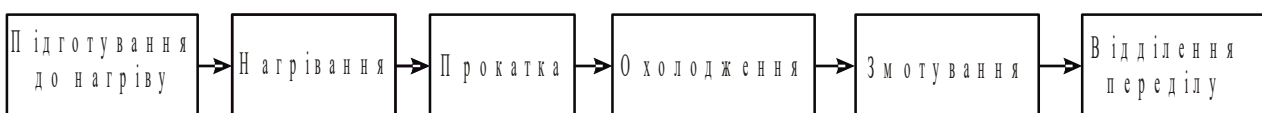


Рисунок 1.11 – Загальна схема виробництва тонколистової гарячекатаної сталі

При прокатці на НШС широко використовують гарячий вад у нагрівальні печі. У цьому випадку сляби, що пройшли машину вогневого зачищення й різання на ножицях, надходять у нагрівальні печі. При гарній організації роботи кількість гарячих слябів досягає 85 %. Завдяки цьому значно скорочується площа складів, збільшується продуктивність нагрівальних печей і знижується витрата палива. На склад надходить невелика кількість слябів, які після охолодження й огляду проходять зачищення й надходять у нагрівальні печі.

Нагрівання слябів здійснюється в методичних печах з торцевою посадкою й видачею. Останнім часом широко застосовують печі із крокуючим подом, що дозволяють нагрівати сляби більш рівномірно по всій перетину, а застосування пристрою, що розвантажує, крокує конструкції виключає ушкодження нижніх

площин слябів. Печі опалюються сумішшю доменного й коксувального газів або природним газом. Щоб закінчити прокатку при необхідній температурі, сляби нагрівають до максимально припустимої температури, яка обмежується величиною зерна, явищами перевитрати, перегріву й окиснення металу. Температура нагрівання слябів залежить від хімічного складу сталі й становить 1150...1280 °С. Тривалість нагрівання залежить від товщини слябів, хімічного складу сталі й температури при їхній посадці.

Прокатка ТЛГС здійснюється в основному на ПШС і НШС.

Технологія прокатки на напівбезперервних широкосмугових станах (ПШС)

ПШС використовують для прокатки смуг і листів шириною до 3200 мм і товщиною 1,8...40 мм. Чорнова група складається з однієї або декількох клітей з горизонтальними валками, клітей з вертикальними валками й іноді преса для обтиснення крайок. По кількості валків і конструкції кліті чорнової групи бувають дуо-реверсивні, дуо-універсальні й кварто-реверсивні. На багатьох ПШС для видалення окалини з поверхні слябів перед станом установлені чорнові окаліноломачі.

Чистова група ПШС складається з 5...7 клітей кварто. Перед чистовою групою встановлюється окаліноломач дуо. Сучасні ПШС по своїх параметрах є потужними й високопродуктивними агрегатами.

На рисунку 1.12 представлена схема розташування основного встаткування ПШС 2800/1700.

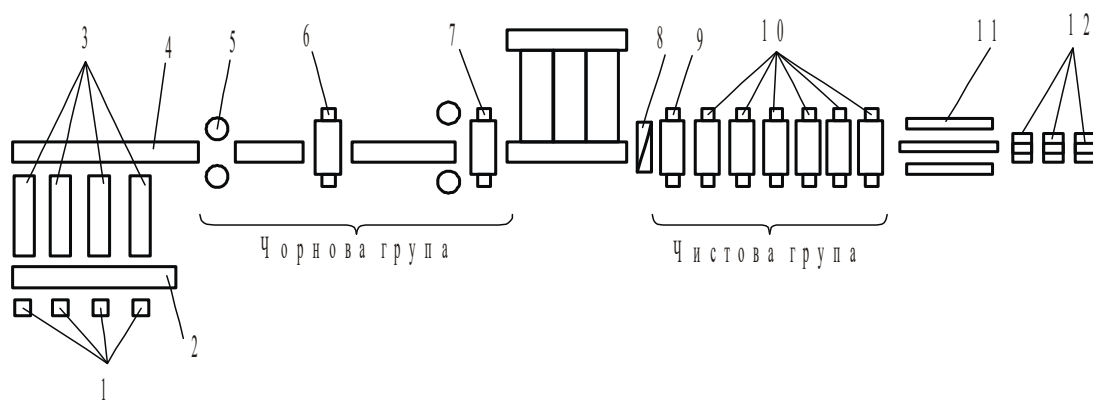


Рисунок 1.12 – Схема розміщення загального обладнання ПШС 2800/1700

Стан 2800/1700 призначений для прокатки ТЛС товщиною 4...40 мм, шириною до 2500 мм і ТЛГС товщиною 1,8...4 мм, шириною до 1500 мм з вуглецевих, конструкційних і легованих сталей. У якості заготовки застосовуються сляби товщиною 125...250 мм, шириною до 1500 мм, довжиною до 6 м і масою до 8,5 т. У таблиці 1.3 дана коротка технічна характеристика стану 2800/1700.

Стан 2800/1700 має у своєму складі чотири нагрівальні печі, вертикальну кліть, чорнові реверсивні кліті дуо й універсальну кварто, летучі ножиці, чистовий окаліноломач дуо, шість чистових клітей кварто й дві лінії обробки: одну для ТЛС послу чорнової групи й другу — для ТЛГС у рулонах.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика ПШС 2800/1700

Тип кліті	Розмір валків, мм			Потужність двигуна, кВт	Швидкість прокатки, м/с
	D _p	D _{оп}	L _б		
Вертикальна	1000	-	700	900	1,2...3
Чорнова дуо	1150	-	2800	2x2570	1,8...3,6
Чорнова універсальна кварто:					
горизонтальні валки	800	1400	2800	5500	2,5...5
вертикальні валки	700	-	400	2x200	2,5...5
Чистовий окаліно ломач дуо	600	-	1700	195	-
Чистова кварто	650	1250	1700	3500	до 10,2

Минулі огляд і ремонт сляби штовхачами 1 із завантажувального рольганга 2 завантажуються в методичні печі 3. Нагріті до температури прокатки сляби з методичних печей з торцевою видачею штовхачем видаються на прийомний рольганг 4 і транспортуються до вертикальної кліті 5, де проводиться обтиснення бічних крайок і видалення окаліни з поверхні слябів. Потім у чорновій кліті дуо 6 проводиться прокатка розкату за кілька пропусків згідно з розрахованим режимом обтиснень. З передньої й задньої сторін кліті дуо встановлені конічні ролики для кантування слябів у горизонтальній площині й маніпулятори для правильного завдання розкату у валки.

Після прокатки в чорновій кліті дуо розкат прокатується в чорновій універсальній кліті кварто 7 за кілька пропусків і передається рольгангом до чистової групи. На летучих ножицях 8 проводиться обрізка переднього й заднього кінців розкату й у чистовому окаліноломачі дуо 9 — видалення вторинної окаліни за рахунок пластичної деформації металу й гідрозбиву водою. Очищений від окаліни розкат прокатується одночасно в клітях кварто 10 чистової групи. По виходу з останньої кліті безперервної групи відбувається охолодження штаби за допомогою душуючих пристроїв 11 і змотування в рулони моталками 12. Змотані в рулони штаби надходять на обробку ПШС або в цех холодної прокатки для подальшої переробки.

При прокатці листів $h > 4$ мм і $B > 1500$ мм чорнова група клітей ПШС випускає готову продукцію за технологією, аналогічної для ТЛСТ 2800.

Слід зазначити основні гідності ПШС у порівнянні із НШС: більшу гнучкість технологічного процесу й можливість прокатки широкого сортаменту; можливість якісної прокатки листів із важкодеформуємих марок сталей, що вимагають зміни обтиснень і швидкості в широких межах, що виконується на реверсивних чорнових клітках; прокатку листів із шириною, більшої ширини слябів; менша вага й потужність електроустаткування; меншу вартість електричного й механічного устаткування; меншу довжину прольоту цеху.

Однак ПШС має й істотні недоліки: малу продуктивність, тому що для багатьох профілів час прокатки в реверсивних чорнових клітках більше часу прокатки в чистовій групі; низький коефіцієнт використання встаткування чистової групи; гірша якість поверхні листів, тому що на одних валках у реверсивних клітках проводиться кілька пропусків.

Технологія прокатки на безперервних широкосмугових станах (НШС)

НШС полягають звичайно із двох груп робочих клітей: чорновий і чистовий, розташованих послідовно один за одним.

Сучасні НШС мають у складі чорнової групи вертикальну кліть, чорновий окалиноломач дуо й 4...5 універсальних клітей кварто. Усі кліті розташовані послідовно й зв'язані між собою рольгангом. На деяких НШС при прокатці листів шириною більш 2000 мм у складі чорнової групи передбачається поширююча кліть для розкочування ширини й прес для обтиснення бічних крайок.

Відстані між клітками чорнової групи стану обрані такими, щоб штаба, що прокатується, одночасно перебувала тільки в одній кліті.

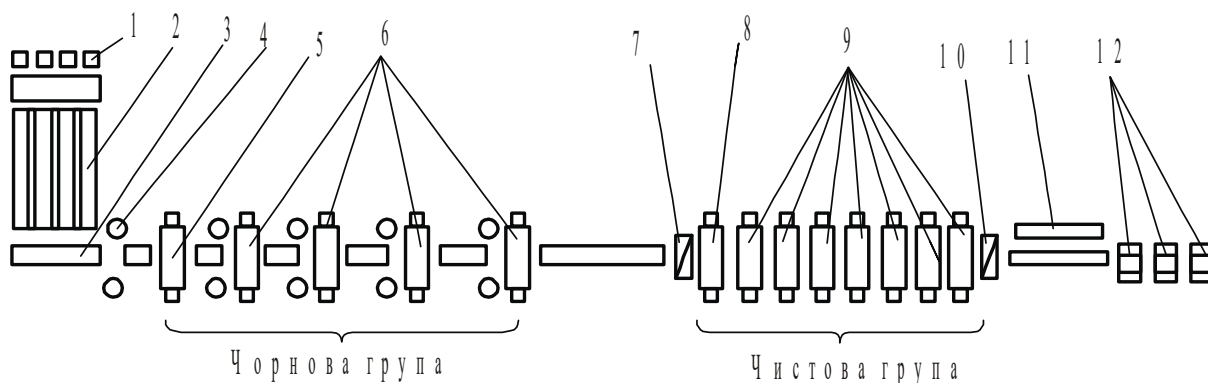


Рисунок 1.13 – Схема розташування загального обладнання НШС 2000

Відомо, що в чорновій групі клітей іноді встановлюють 1...2 реверсивні кліті замість універсальних клітей кварто з метою скорочення довжини чорнової групи. Із цією ж метою на деяких НШС, наприклад на стані 2000 Череповецького металургійного комбінату, у чорновій групі останні 2...3 кліті кварто поєднуються в безперервну підгрупу, у якій прокатка здійснюється

одночасно у всіх клітках. На відстані 60...80 м від останньої кліті чорнової групи розташовується чистова група клітей, що полягає з летучих ножиців, чистового окаліноломача, 6...8 робочих клітей кварто з петле тримачами й напрямними лінійками між ними. На рис. 6.3. представлена схема розташування основного встаткування НШС 2000, що працює на Ново-Липецком металургійному комбінаті.

Стан 2000 призначений для прокатки смуг товщиною 1,2...12 мм, шириною до 1850 мм з вуглецевих, конструкційних і легованих марок сталей. У якості заготовки застосовуються сляби, відлиті на МНЛЗ, товщиною до 300 мм, шириною 800... 1850 мм, довжиною до 10,5 м, масою до 36 т.

До складу НШС входять чотири нагрівальні печі, чорновий окаліноломач дуо, чотири універсальні кліті кварто, летучі ножиці, чистовий окаліноломач дуо, сім чистових клітей кварто, летучі ножиці, душуючий пристрій, моталки й лінії обробки.

Минулі огляд і ремонт сляби штовхачем 1 завантажуються в нагрівальні печі 2. Нагріті до температури прокатки (1150...1280 °С) сляби з печей штовхачем видаються на прийомний рольганг 3 і транспортуються до вертикальної кліті 4, де проводиться обтиснення бічних крайок і видалення окаліни з поверхні слябів. Після вертикальної кліті розкат надходить у чорновий окаліно ломач. Дуо 5, де проводиться остаточне видалення грубої окаліни. Потім розкат послідовно прокатується в чорнових універсальних клітках кварто 6 до одержання необхідної товщини підкату по розрахованому режиму обтиснень.

Підкат після чорнової групи рольгангом подається до летучих ножиців 7, на яких проводиться обрізка переднього й заднього кінців розкату, і потім — у чистовий окаліноломач дуо 8 для видалення вторинної (повітряної) окаліни. Після очищення окаліни передній кінець розкату, проходячи через чистові кліті 9 безперервної групи, обрізується на летучих ножицях 10 і на швидкості 10...12 м/с задається в моталку 12. Потім усі чистові кліті одночасно розганяють до робочої швидкості й проводиться безперервний процес прокатки до необхідної товщини штаби згідно з розрахованим режимом обтиснень.

Прокатка з розгоном чистових клітей дає можливість прокатувати смугу на високій швидкості, що підвищує продуктивність і, крім того, дає можливість регулювати температурний клин.

По необхідності штаба після прокатки прохолоджується водою за допомогою душуючих пристроїв 11.

Штаби, змотані в рулони, направляються на обробку або в цех холодної прокатки для подальшої переробки.

Розглянемо більш докладно технологію прокатки смуг на окремих ділянках НШС.

1.8 Технологія виробництва холоднокатаної листової сталі (ХЛС)

У цей час близько 40...45 % обсягу виробництва тонколистової сталі випускається у вигляді холоднокатаних листів. Основна кількість цієї сталі випускають для автомобільної й машинобудівної промисловості.

Холодною прокаткою виготовляють аркуші товщиною 0,35... ..2 мм, шириною 700...2300 мм і масою до 45 т. У якості заготовки застосовується тонколистова гарячекатана сталь товщиною 1,8...6 мм, шириною 700...2300 мм, масою рулону до 45 т.

Технологічний процес виробництва ХЛС дуже складний, тому що включає велика кількість переділів, вимагає застосування різноманітного й складного встаткування й пов'язаний з більшими енергетичними витратами. У зв'язку із цим капіталовкладення при виробництві ХЛС на 20...25 %, а експлуатаційні витрати на 10 % вище, чим при виробництві ТЛГС.

Основна кількість ХЛС (80...85 %) виготовляється з низьковуглецевої сталі, 10...15 % - із середньо- і високовуглецевої сталі, близько 5...7 % — з низько- і середньолегованої і 1...1,5 % - з високолегованих сталей (головним чином — нержавіючих).

Залежно від призначення ХЛС виготовляють із вуглецевої сталі звичайної якості, якісної конструкційної й інструментальної.

Вуглецева сталь звичайної якості (сталь 0, сталь 2, декапирована, оцинкована) поставляється без особливих вимог, тому що при подальшій обробці ця сталь не зазнає глибокій витяжки. ХЛС із цієї сталі застосовується в машинобудуванні, для виготовлення покрівлі, посуду, арматури й ін.

З якісної вуглецевої сталі прокатуються аркуші, призначені для виготовлення виробів листовим штампуванням. Особливе місце займають сталі 08кп, 08Ю, які призначені для виготовлення деталей автомобілів. По здатності до витяжки ХЛС, відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 9045-80, підрозділяють на три групи: досить глибоку (ВГВ), глибоку (ГВ) і нормальну (НВ). Відповідно до зазначених груп витяжки встановлені норми механічних властивостей. Сталь марок 08Ю и 08Фкп, застосовувану для штампування складних деталей, підрозділяють на дві групи: ОСВ — особливо складну витяжку й СВ — складну витяжку. Основним показником штампуємісті є відношення границі текучості до межі міцності σ_T/σ_B , яке повинне бути не більш 0,65.

Особливо високі вимоги пред'являються до якості поверхні ХЛС. Поверхня готових листів повинна бути матової або глянсової. На поверхні листів не допускаються плівки, окалина, подряпини, раковини, міхури, розшарування, іржа, кольори мінливості й ін. Велике значення для витяжки під штампом має рельєф поверхні листа. Для автомобільних деталей виготовляють аркуші з матовою поверхнею, одержуваної на насічених валках дресировочних станів. Така поверхня добре сприймає фарбування й сприяє кращої штампуємісті листа.

Аркуші для глибокої витяжки повинні мати високу точність розмірів і форми, а якщо ні, то виходить шлюб при штампуванні виробів.

Виробництво ХЛС здійснюється в цехах холодної прокатки, які по технологічних потоках, насиченості встаткування є досить складними виробничими об'єктами.

Можна виділити наступні варіанти технологічного процесу, які включають певні операції, що забезпечують одержання товарної продукції в цеху холодної прокатки: I — 1-2-10 (травлений гарячекатаний аркуш); II — 1-3-4-10 (оцинкований аркуш); III — 1-3-5-6-7-8-9-10 (жерсть в листах); IV — 1-3-5-6-7-9-10 (ХЛС); V — 1-3-5-6-7-8-10 (жерсть у рулонах); VI — 1-3-6-7-9-10 (ХЛС).

технологічний процес, Що найбільше часто зустрічається, виробництва ХЛС відображається варіантом VI. Згідно із цією схемою розглянемо докладно всі операції процесу виготовлення ХЛС.

Технологія прокатки на безперервних станах холодної прокатки (НСХП)

У цей час у СРСР близько 90 % холоднокатаної сталі одержують на НСХП.

Сучасні НСХП класифікують по сортаменту продукції, що випускається, і кількості робочих клітей.

Шестиклітьові НСХП служать для прокатки жерсті товщиною 0,09...0,15 мм і листів товщиною до 0,85 мм, довжина бочки валків — до 1350 мм, швидкість прокатки — до 33 м/с, діаметр робітників і опорних валків 600 і 1420 мм. У якості підкату використовується гарячекатана штаба товщиною 1,8...3,0 мм (маса рулону до 38 т). Сумарне обтиснення на шести клітьовому стані досягає 95 %.

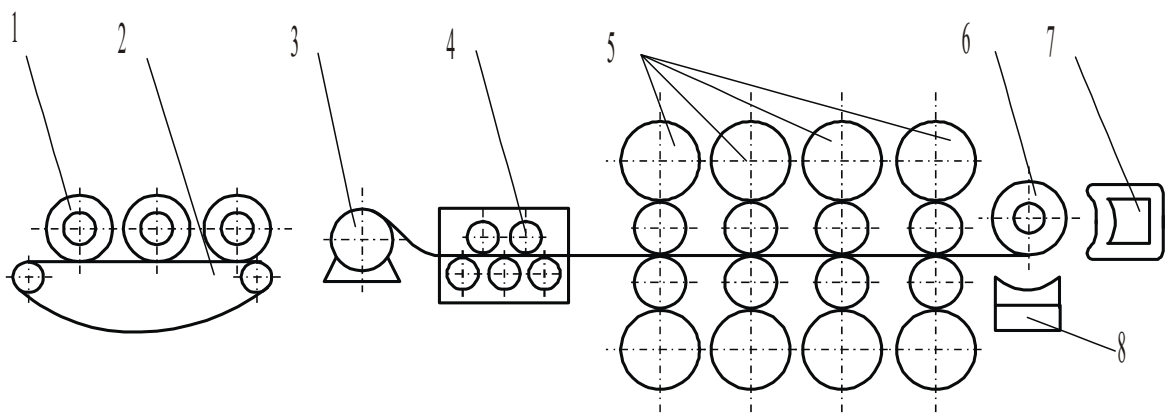


Рисунок 1.14 – Схема Чотирьохклітьового стану холодної прокатки 1700

П'ятиклітьові НСХП є основними для виробництва жерсті товщиною 0,18 мм і вище, довжина бочки валків таких станів становить 1200...1400 мм. Крім того, п'ятиклітьові стани прокатують аркуш товщиною до 1,8 мм, довжина бочки валків доходить до 2200 мм. Швидкість прокатки п'ятиклітьових станів становить 30 м/с, діаметр робітників і опорних валків 580 і 1520 мм. У якості

підкату застосовується гарячекатана штаба товщиною 2...4,5 мм із масою рулону до 45 т. Сумарне обтиснення на п'яти клітьовому стані досягає 90 %.

Чотирьохклітьові НСХП призначені для прокатки холоднокатаного листа товщиною 0,4...2,0 мм, довжина бочки валків досягає 2500 мм, швидкість прокатки — до 25 м/с, діаметр робітників і опорних валків становить 530 і 1420 мм. У якості підкату використовується гарячекатана штаба товщиною 2...4,5 мм із масою рулону до 25 т. Сумарне обтиснення на чотирьохклітьових станах досягає 80 %. Чотирьохклітьові НСХП є загальними постачальниками холоднокатаної листової сталі в СРСР.

Трьох- і двоклітьові НСХП призначені для вторинної прокатки жерсті й листів товщиною 1...2 мм, довжина бочки валків цих станів досягає 1320 мм, діаметр робочих валків і опорних становить 585 і 1420 мм, швидкість прокатки - до 30 м/с. У якості підкату застосовується гарячекатана штаба товщиною 1,2...4,0 мм із масою рулону до 25 т. Сумарне обтиснення на цих станах досягає 50 %.

На рисунку 1.14 зображена схема чотирьохклітьового НСХП, у табл. 1.4 дана його коротка технічна характеристика.

Протравлені рулони 1 краном установлюються на ланцюговий транспортер 2 і передаються на розмотувач 3. Кінець штаби відгинається й задається в тягнучі ролики правильно-натяжної машини 4. Потім тягнучими роликками штаба задається у валки робочих клітей 5 (із заправною швидкістю).

Штаба, пройшовши робочі валки 4-й кліті, намотується на барабан моталки 6 за допомогою захльостувача 7. Після намотування 3...4 витків захльостувач 7 з'їжджає з барабана моталки, створюється натяг між клітьми, моталкою й розмотувачем, і стан розганяє до робочої швидкості.

Після прокатки рулону, коли на головках розмотувача залишається дватри витки штаби, швидкість стану вповільнюється до заправної, після чого кінець штаби пропускають через робочі кліті.

Таблиця 1.4 – Характеристика двигуна головних приводів НСХП 1700

Приводи	Тип двигуна	Потужність, кВт
1-я кліть	П2400/140	2x2400
2-я кліть	2П2400/235	4x2400
3-я кліть	2П2400/300	4x2400
4-я кліть	2П2400/385	4x2400
Моталка	3П1000/310	3x1000

На барабані моталки кінець штаби фіксується притискним роликом, і рулон убирається на ланцюговий транспортер 8, що подає рулони в термічне відділення.

У тих випадках, коли протравлений рулон для НСХП складається з декількох гарячекатаних смуг, зварених між собою (наприклад, на НСХП 1700

ЖМК ім. Ілліча рулон складається із трьох гарячекатаних смуг), прокатка зварених швів здійснюється на зниженій швидкості.

При прокатці на НСХП забезпечується одержання необхідних розмірів штаби по товщині й довжині, необхідній точності геометричних розмірів і форми штаби й заданих механічних властивостей.

Одержання необхідних розмірів штаби досягається шляхом прокатки за один пропуск у кожній кліті НСХП згідно з розрахованим режимом і характеризується рядом особливостей.

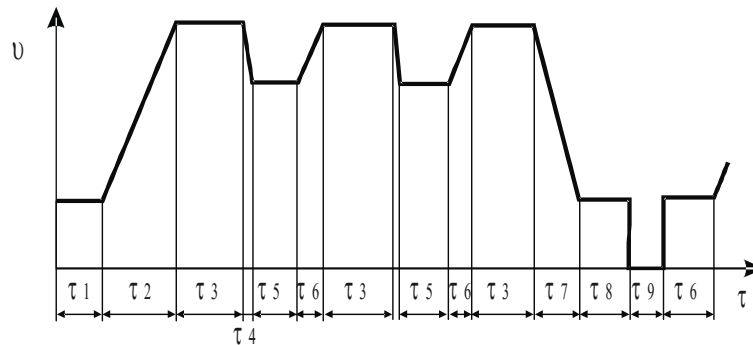


Рисунок 1.15 – Діаграма швидкості прокатки на безперервному стані холодної прокатки 1700

Процес прокатки на НСХП здійснюється зі змінною швидкістю. На рисунку 1.15 зображена діаграма зміни швидкості при прокатці одного рулону, що полягає із трьох гарячекатаних смуг. Після заправлення штаби в першу кліть прокатка протягом часу τ_1 ведеться на постійній заправній швидкості доти, поки передній кінець штаби пройде всі кліті й на моталці утворюється 2...3 витка штаби. Потім швидкість протягом часу τ_2 підвищується до робочої, і за час τ_3 рулон прокатується з постійною робочою швидкістю. Перед звареним швом швидкість прокатки вповільнюється протягом часу τ_4 до швидкості прокатки звареного шва й за час τ_5 не змінюється. Потім протягом часу τ_6 впливає розгін стану до робочої швидкості, і далі все повторюється, як зображено на рисунку 1.15. При підході заднього кінця протягом часу τ_7 відбувається затримка стану, при цьому швидкість прокатки зменшується з робочої до заправної, після чого задній кінець прокатується з постійною заправною швидкістю протягом часу τ_8 . Після паузи протягом часу τ_9 (від кінця прокатки рулону в першій кліті до моменту завдання переднього кінця іншої штаби в першу кліть) починається прокатка наступного рулону згідно з розглянутою діаграмою.

Таким чином, значна частина штаби прокатується зі змінною швидкістю, що суттєво впливає на параметри процесу прокатки: товщину смуг, коефіцієнт тертя, силу прокатки, обтиснення, натяг і ін.

Прокатка зварених швів на вповільненій швидкості пояснюється нестабільністю механічних властивостей швів і зміною товщини. Якщо при проходженні зварених швів між валками швидкість прокатки не знижувати, то

це веде до сильних ударів і може відбутися розрив штаби. Під час проходження звареного шва різко збільшується сила прокатки, виходить більша пружна деформація кліті й шов обжимається менше, чим інша штаба. Після виходу шва з валків сила прокатки різко зменшується, що веде до зміни пружної деформації кліті й до удару валків по смузі. Крім цього, при затримці й збільшенні швидкості обертання валків стану збурювання, зв'язані зі швидкісним ефектом, викликають відхилення розмірів товщини штаби в поздовжньому й поперечному напрямках.

Щоб не знижувати швидкість прокатки при проходженні зварених швів, необхідно забезпечити однакові механічні властивості металу шва й металу штаби й мінімальну різнотовщинність підкату. Вирівнювання границь текучості матеріалів шва й матеріалу штаби може бути досягнуте зменшенням обтиснення по шву за рахунок зняття грата на мінус. При цьому товщина шва змінюється по плавній кривій, що забезпечує ненаголошене заповнення вогнища деформації, знижуються додаткові збурювання в процесі прокатки й шов можна прокатувати на робочій швидкості.

Крім цього, прокатку зварених швів на робочій швидкості можна вести у випадку косого розташування звареного шва.

Для зменшення часу несталого процесу прокатки при розгоні й затримці швидкості валків стану застосовують двигуни, що забезпечують швидкий розгін і затримка.

Процес багаторазового обтиснення штаби на НСХП приводить до значного її розігріву й до необхідності примусового охолодження валків і штаби. Звичайно охолодна середовище є й технологічним змащенням. Змащення при холодній прокатці знижує коефіцієнт тертя між валками смугою, що й прокатується, до 0,02...0,06, завдяки чому зменшуються опір деформації й сила прокатки, що зменшує прогин валків і пружну деформацію кліті. Таким чином, при одній і тій же установці валків прокатка зі змащенням забезпечує більше обтиснення. Змащення при холодній прокатці знижує витрата енергії, зменшує зношування валків і підвищує якість листової сталі.

Змащення утворює поділяючий ковзний шар між валками смугою, що й прокатується: чому надійніше поділ поверхонь ковзання, тем вище ефективність змащення. Ефективність змащення характеризується наявністю активних-поверхнево-активних речовин, здатних адсорбуватися на поверхні ковзання з утвором міцних мастильних плівок. Змащення повинна добре прилипати до валків, забезпечуючи рівномірну плівку між валками смугою, що й прокатується, і під час прокатки не повинна видавлюватися. Змащення повинна також легко віддалятися з поверхні листової сталі після прокатки. Із практичної роботи НСХП і багатьох досліджень відомо, що найкращі результати як охолодний[^]-охолодні-охолоджувальні-мастильно-охолодні рідини дають емульсії на основі мінеральних масел. При холодній прокатці вуглецевих марок сталей для змащення й охолодження валків широко застосовується емульсія, приготовлена на емульсолах різних марок: Э-2Б, Т, ОМ і ін. Така емульсія має наступний состав: 5...7% емульсола, 3 %

кальцинованої соди й 91...95 % підігрітої води. Состав емульсолов наступний: Э-2 (Б) — розчин натрієвих миль нафтенових кислот 7...10 %, мінеральне масло И-20А 75...80 %; Т — мінеральне масло И-20А 85 %, триетаноламінова сіль олеїнової кислоти 12 %; ОМ — мінеральне масло И-20А 81 %, СЖК І310...320 Ю %; триетаноламін 4 %, стеарокс — 6,5 %.

Для прокатки нержавіючих і високолегованих марок сталей з високою межею міцності рекомендується застосовувати високов'язкі мінеральні масла, змащення на жировій основі, що подається в чистому виді або у вигляді водомасляної дисперсії.

Ефективність змащень залежить не тільки від правильного вибору їх складу, але й від способу подачі на смугу й валки. Емульсія подається по обидва боки робочої кліті в місця контакту валків і штаби й на метал, що прокатується. Усі НСХП обладнані досить складними й громіздкими системами для охолодження валків і подачі технологічного змащення на смугу під час прокатки. Ці системи працюють по замкненому циклу, після використання залишки емульсії направляють у збірник з метою її повторного використання. Для готування емульсії необхідної концентрації й подачі її на валки робочих клітей є спеціальна установка. На стан емульсію подають насосами. Для очищення емульсії від забруднень є фільтри й магнітні сепаратори. Для охолодження емульсії установка обладнана охолоджувачами.

Необхідною умовою нормального процесу холодної прокатки є сталість обсягів металу, що проходять через кліть у секунду, яке описується рівняннями

$$v_1 h_1 = v_2 h_2 = v_3 h_3 = v_4 h_4$$

де v_1, v_2, v_3, v_4 — швидкості виходу металу з валків; h_1, h_2, h_3, h_4 — товщини смуг на виході із кліті. З урахуванням випередження

$$v_{в1} (1 + s_1) h_1 = v_{в2} (1 + s_2) h_2 = v_{в3} (1 + s_3) h_3 = v_{в4} (1 + s_4) h_4$$

де $v_{в1}, v_{в2}, v_{в3}, v_{в4}$ — лінійні швидкості валків по клітях; s_1, s_2, s_3, s_4 — випередження по клітях.

Холодна прокатка на НСХП здійснюється зі значним натягом, який знижує силу прокатки, стабілізує процес прокатки й служить у якості регулюючого фактора товщини штаби. Натяг, що впливає на силу прокатки й, отже, на пружну деформацію валків, може бути керуючим параметром стосовно форми: ріст загального натягу впливає на формоутворення й можлива поява короба, а зменшення натягу сприяє утвору хвилястості по краях.

Рівень між клітьових натягів вибирають так, щоб не перевищити критичних напружень. Питомі натяги між клітями становлять (0,3...0,6) ст.

Звичайно на смугу в першій кліті діє тільки передній натяг, а в останній і проміжних клітях діє передній і задній натягу. Натяг між клітями створюється за рахунок неузгодженості швидкостей, а передній натяг в останній кліті — моталкою.

Істотною особливістю холодної прокатки є наявність наклепу, у результаті чого різко зростають межа міцності, границя текучості й зменшується відносне подовження. Так, наприклад, для сталі Х18Н10Т границя текучості рівна 320 МПа, а після прокатки з обтисненням 50 % він збільшується до 1150 МПа. Експериментальні дослідження показали, що існує тісний зв'язок між границею текучості й відносним обтисненням, і дали апроксимуючі функції для визначення границі текучості різних марок сталей. Ці дані показують, що границя текучості інтенсивно росте в перших клітках, в останніх клітках інтенсивність росту значно знижується.

Холодна пластична деформація металу супроводжується значним виділенням тепла, тому температура штаби досягає 150...250 °С. Аналіз численних експериментальних даних свідчить про необхідність обліку впливу температури металу на величину границі текучості. Облік впливу температури може бути здійснений за допомогою температурного коефіцієнта

$$\sigma_T^t = \sigma_T n_t$$

де σ_T^t — дійсна границя текучості з урахуванням температури; n_t — температурний коефіцієнт.

Температурний коефіцієнт визначається по формулі

$$n_t = 1 - \frac{n_x \sqrt{t}}{100}$$

де t — температура нагрівання металу, °С; n_x — емпіричний коефіцієнт, що залежить від хімічного складу сталі.

Складність обліку впливу температури на границю текучості обумовлюється необхідністю інформації про температуру металу у вогнищі деформації, яку в більшості випадків одержати дуже важко.

Прокатка на НСХП характеризується високими швидкостями деформації (від 1 до 103 с), що виявляють вплив на границю текучості. Однак цей вплив незначний і їм звичайно зневажають.

Одержання необхідної точності геометричних розмірів і форми листів на НСХП є найважливішим завданням, тому що з підвищенням точності заощаджується метал і стабілізується робота агрегатів, що використовують холоднокатану смугу як заготовку.

Розглянемо основні показники точності холоднокатаної листової сталі.

Різновотщинність підкату при холодній прокатці на безперервному стані не усувається, а лише вирівнюється. На рисунку 1.16 наведені досвідчені значення коефіцієнтів вирівнювання для стану 1700, отримані на підставі експериментів. Коефіцієнт вирівнювання в окремих змінюється в широких межах (від 0,65 до 1,4), причому чітко видна тенденція зменшення k_b для перших трьох клітей зі збільшенням обтиснення.

Вплив різнотовщинності підкату необхідно розглядати з урахуванням зміни наклепу, сплюсчування валків і натягу. Зміна механічних властивостей при зміні обтиснення залежно від вихідної різнотовщинності суттєво позначається на M_p і $\Delta p/\Delta h_0$, особливо при прокатці не наклепаних смуг з більшим обтисненням. У міру збільшення попереднього обтиснення штаби й зменшення обтиснення за пропуск цей вплив зменшується. З ростом наклепу величина M_p збільшується, а коефіцієнт вирівнювання зменшується.

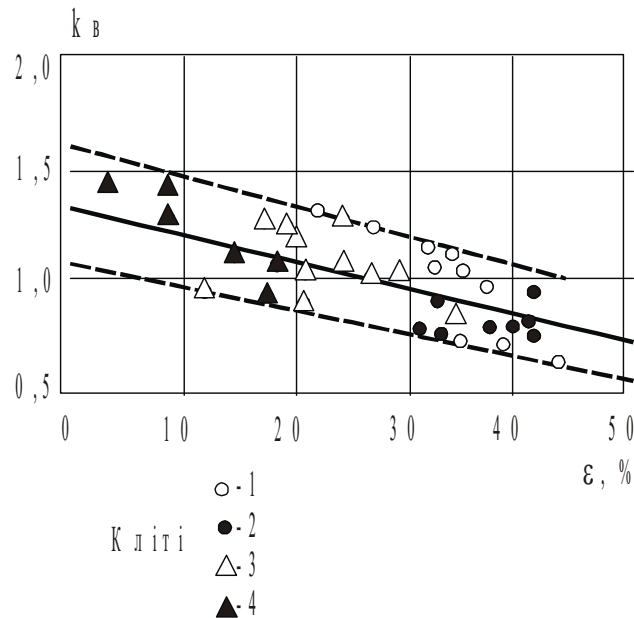


Рисунок 1.16 – Експериментальні значення коефіцієнта вирівнювання k_v для безперервного чотирьох клітьового стану холодної прокатки 1700

Різнотовщинність підкату викликає на НСХП порушення стійкості процесу й зміна між клітьових натягів, що впливає на коефіцієнт вирівнювання. Зміна питомих натягів викликає додаткова зміна сили прокатки, що враховується у вираженнях dp/dh_1 і dp/dh_0 , які у свою чергу є визначальними при знаходженні k_v . Крім цього, змінюється й M_p .

Натяг штаби суттєво впливає на товщину штаби: зі збільшенням натягу товщина штаби зменшується. Задній натяг штаби виявляє значно більший вплив на здатність, що вирівнює, стану. Цей вплив проявляється залежно від твердості штаби M_n і коефіцієнта α_k . У загальному випадку коефіцієнт вирівнювання з ростом натягу зменшується, при цьому для більш тонких смуг інтенсивність зменшення $k_{v\Sigma}$ значно більше. Це підтверджується кривими на рис. 1.17, отриманими розрахунковим шляхом.

Зменшення загального коефіцієнта вирівнювання стану $k_{v\Sigma}$ відбувається в основному за рахунок зростання коефіцієнта α_k для середніх клітей, тому що натяг штаби перед першою кліттю й після останньої кліті завжди менше натягу між клітьями. Таким чином, для зменшення ПРР холоднокатаної штаби слід вести прокатку з невеликим натягом, особливо при прокатці тонких смуг. При

стійкому процесі прокатки для забезпечення високої точності розмірів штаби по довжині доцільно підтримувати натяг у межах $\sigma = (0,2...0,4) \sigma_T$.

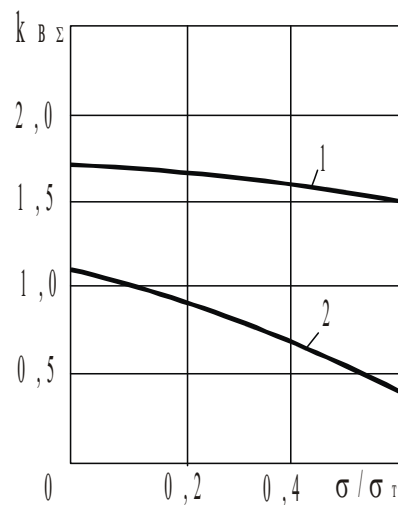


Рисунок 1.17 – Вплив рівня між клітьових натягів на коефіцієнт вирівнювання $k_{в\Sigma}$: 1 – штаба 1,5x1020 мм, сталь 0,8 кп; 2 – штаба 0,5x1020 мм, сталь 0,8 кп

Механічні властивості підкату по довжині штаби розподіляються нерівномірно. Поряд з неоднорідністю механічних властивостей через неоднорідність хімічного складу в слябах у гарячекатаних рулонах виникає додаткова неоднорідність через різні режими охолодження кінців і середини штаби. Кінці штаби остигають швидше, у результаті межа міцності металу на початку й наприкінці рулону вище, чим у середині, на 10...18 %.

Відносну ПРР готової штаби для НСХП розраховують по формулі

$$\frac{\delta h_{п}}{h_{п}} = \frac{\delta s_i^e}{\left(1 + \frac{M_{пi}}{M_{к}}\right) h_i k_{в(i+1)...n}},$$

де $k_{в(i+1)n}$ — коефіцієнт вирівнювання в групі клітей від $(i + 1)$ До останньої кліті.

Аналіз рівняння показує, що ПРР через биття валків перших клітей стану більше внаслідок меншої твердості штаби. Однак ця різнотовщинність у наступних клітях перетерплює зміна, тому частка різнотовщинності через биття валків окремих клітей на вихідній зі стану смузі може бути різної залежно від коефіцієнтів вирівнювання.

Крім того, на ПРР впливає зміна натягу штаби через биття валків. ПРР штаби від биття валків з урахуванням зміни натягу визначається вираженням

$$\delta h_i = \frac{\delta s_i^e}{\psi_i k_{s_i}},$$

де ψ_i — коефіцієнт, що враховує вплив коливання натягу на ПРР; k_{s_i} - передатний коефіцієнт в i -й кліті.

Зміни товщини й натягу штаби по фазі збігаються зі зміною зазору між валками через биття валків. Передатний коефіцієнт від переміщення валків до зміни товщини зростає, тому що $\psi_i > 1$. Вплив натягу більше позначається на передатних коефіцієнтах клітей, що працюють із більшими між клітьовими натягами.

Відносна ПРР штаби при однаковій битті валків по клітях більше для смуг меншої товщини, незважаючи на більшу твердість штаби. Частка ПРР через биття валків зі зменшенням товщини смуг збільшується від останніх клітей до перших. Так, для смуг товщиною 0,5 мм биття валків у першій кліті впливає на різнотовщинність (в 2...3 рази більше, чим в інших клітях). Отже, при правильній комплектації валків по клітях стану залежно від ексцентриситету валків можна зменшити ПРР через биття валків. При цьому слід комплектувати валки, орієнтуючись на прокатку тонких смуг, для яких вплив биття валків більш суттєво.

Твердість кліті й штаби впливає на коефіцієнт вирівнювання. При холодній прокатці відношення $M_p/M_k = 2...20$ і ефективність збільшення твердості робочих клітей залежить від сортаменту стану, тобто величини твердості штаби. Так, при збільшенні твердості клітей НСХП 1700 в 1,5 рази відносна різнотовщинність підкату зменшується в 1,3...1,74 рази. Причому ефективність збільшення твердості перших клітей в 2...5 раз вище, чим останніх. Це пояснюється збільшенням твердості штаби в міру зменшення її товщини, тому що збільшується наклеп металу. Крім того, зі збільшенням твердості кліті збільшується різнотовщинність штаби через биття валків, згідно з рівнянням, тому що передатний коефіцієнт k_s при цьому зменшується.

При прокатці на безперервному стані відносна ПРР після n -й кліті через биття валків i -й кліті з урахуванням вирівнювання штаби в наступних клітях і зміни натягу між клітями складе

$$\left(\frac{\delta h_{\Pi}^e}{h_{\Pi}} \right)_i = \frac{\delta s_i^e}{\psi_i k_{s_i} h_i} \frac{1}{\prod_{j=i+1}^n k_{a_j}}.$$

Аналіз рівняння показує, що зі збільшенням твердості клітей коефіцієнти ψ_i і k_s зменшуються, а вплив здатності, що вирівнює, наступних клітей зростає. Тому відбувається перерозподіл впливу окремих клітей стану на ПРР — частка ПРР через биття валків в останніх клітях збільшується, а різнотовщинність через биття валків у перших клітях стану зі збільшенням їх твердості може навіть поменшатися.

Спільний вплив вихідному ПРР штаби δh_0 і биття валків δs^e на ПРР на виході δh_1 визначиться зі спільного розв'язку

$$\delta h_1 = \delta h_0 = \frac{\alpha_k + \frac{\delta s^e}{\psi_i \delta h_0} \cdot \frac{M_k}{M_{II}}}{1 + M_k/M_{II}}$$

Показником ефективності збільшення твердості окремої кліті з обліком різнотовщинності підкату, биття валків і зменшення натягу може служити коефіцієнт η' , обумовлений з вираження

$$\eta' = \frac{\delta h_1}{\alpha_k \delta h_0} = \frac{1 + c M_k/M_{II}}{1 + M_k/M_{II}}$$

де $z = \delta s^e / (\alpha_k \psi_i \delta h_0)$ параметр, що характеризує зміна твердості кліті.

При збільшенні M_k або відносини M_k/M_{II} коефіцієнт η' може збільшуватися або зменшуватися залежно від того, яка з величин δs^e або δh_0 є домінуючою, тобто залежно від величини z . Для кожного стану величина z визначає доцільність зміни твердості кліті. Для НСХП збільшення твердості кліті має сенс тільки в області, коли $z < 1$. В інших випадках твердість кліті необхідно навіть знижувати, щоб не збільшити поле розкиду товщини смуг.

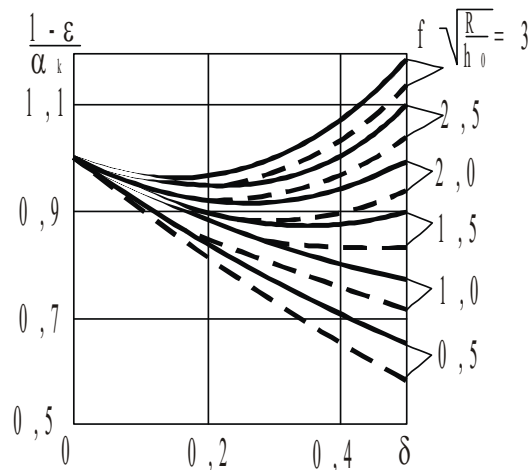


Рисунок 1.18 – Залежність співвідношення $(1 - \varepsilon)/\alpha_k$ від ε при прокатці на безперервному стані холодної прокатки сталі 08кп: $\sigma_{cp}=0,26\sigma_T$ (суцільна лінія); $\sigma_{cp}=0,46\sigma_T$ (штрихова лінія)

Режим обтисень впливає на коефіцієнт вирівнювання залежно від співвідношення $(1 - \varepsilon)/\alpha_k$, яке визначається тем, наскільки швидко зменшується чисельник і знаменник при збільшенні обтиснення. На рисунку 1.18 представлена залежність співвідношення $(1 - \varepsilon)/\alpha_k$ від відносного обтиснення. За мірою збільшення відносного обтиснення величина $(1 - \varepsilon)/\alpha_k$

при $f\sqrt{R/h_0} = 0,5...1$ зменшується. Для $f\sqrt{R/h_0} = 1,5...3,0$ відносно обтиснення впливає на відношення $(1 - \epsilon)/\alpha_k$, тобто, починаючи з певного обтиснення, коефіцієнт $(1 - \epsilon)/\alpha_k$ збільшується з ростом обтиснення. Зі збільшенням натягу коефіцієнт $(1 - \epsilon)/\alpha_k$ зменшується й інтенсивність цього зменшення збільшується зі збільшенням обтиснення.

Зі зменшенням товщини, що прокатується штаби, а отже, зі збільшенням її наклепу, а також при збільшенні радіуса, що катає, валків величина $f\sqrt{R/h_0}$, зростає. Згідно з дослідженнями, проведеними для НСХП 1700, величина $f\sqrt{R/h_0}$ — 0,6...2,5 при товщині смуг, рівної 0,5...2,0 мм.

Таким чином, в області, де коефіцієнт $(1 - \epsilon)/\alpha_k$ зі збільшенням обтиснення збільшується або практично не змінюється, прокатку необхідно вести з більшими обтисненнями, тобто зосередити основну частку сумарного обтиснення.

У таблиці 1.5 наведені дані розрахунків двох варіантів режиму обтиснень при прокатці штаби 0,5 x 1020 мм зі сталі 08кп із підкату товщиною 2,0 мм, v_b — 12 м/с, z — 0,2ст.

Таблиця 1.5 – Коефіцієнт вирівнювання k_B при різних режимах обтисків

№ кліті	І варіант		ІІ варіант	
	$\epsilon, \%$	k_B	$\epsilon, \%$	k_B
1	35	1,01	15	1,09
2	38,5	0,96	35	0,99
3	30	0,93	35	0,98
4	10	0,99	30	0,99
По стану	75	0,89	75	1,05

З даних таблиці 1.5 випливає, що в результаті перерозподілу обтиснення по клітях ПРР по варіанту ІІ зменшується в 1,05 рази, тобто на 5 %. Крім того, у цьому випадку поліпшуються умови роботи системи тонкого автоматичного регулювання товщини штаби й зменшується ймовірність обривів штаби між останніми клітями за рахунок збільшення товщини штаби в цьому проміжку, забезпечуючи більш стійкий процес прокатки.

Таким чином, для підвищення точності розмірів штаби доцільно зменшити обтиснення в першій кліті й збільшити в останній, особливо при прокатці тонких смуг. Збільшення числа клітей сприятливо позначається на точності штаби, тому що зменшується обтиснення по клітях і підвищуються коефіцієнти вирівнювання для кожної кліті.

Швидкість прокатки впливає на ПРР через коефіцієнт тертя, границя текучості матеріалу, що прокатується, і внаслідок зміни товщини масляної плівки ПЖТ.

Практичні дослідження показали, що зі збільшенням швидкості прокатки до 5...7 м/с відбувається зниження коефіцієнта тертя з 0,15 до 0,06, а потім він залишається практично постійний. Зменшення коефіцієнта тертя приводить до зменшення сили прокатки й, отже, до зменшення товщини штаби.

Зі збільшенням швидкості прокатки підвищується температура металу внаслідок теплового ефекту пластичної деформації. Збільшення температури металу приводить до зниження границі текучості і, отже, до зменшення сили прокатки й товщини штаби.

Вплив ПЖТ може привести до збільшення або зменшення товщини штаби.

Поперечна різнотовщинність ХЛС визначається ПОР підкату, прогином валків, тепловою опуклістю, вихідним профілюванням валків і зношуванням валків.

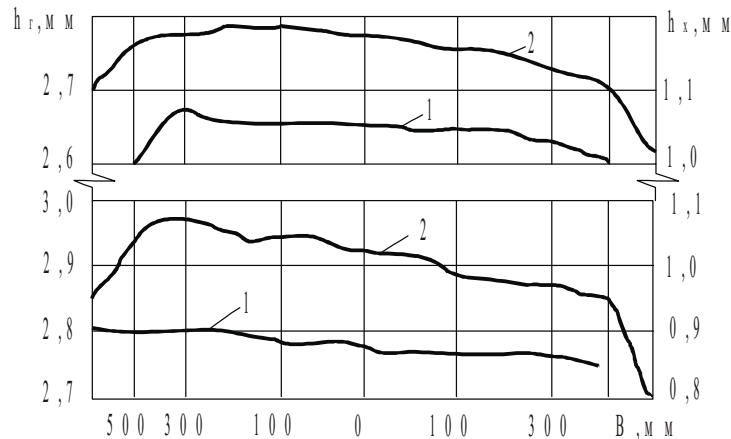


Рисунок 1.19 – Профілеграма холоднокатаних (1) та гарячекатаних (2) штаб різної товщини

Як показують дослідження, поперечний профіль ХЛС якісно повторює профіль гарячекатаної штаби, зменшуючись при рівності витяжок по ширині. На рисунку 1.19 представлені профілі гарячекатаних і холоднокатаних смуг НСХП 1700. Поперечний профіль холоднокатаних смуг за формою подібний поперечного профілю підкату.

Одержання на НСХП поперечного профілю листа без різнотовщинності з різнотовщинного підкату приводить до виникнення внутрішніх напружень внаслідок нерівності витяжок по ширині й, як наслідок, до утвору хвилястості або коробоватості. Досить важливо, щоб поперечний

профіль гарячекатаних смуг був стабільний від рулону до рулону, тому що при зміні профілю штаби необхідно змінювати настроювання валків.

Залежність ПОР від прогину валків, теплової опуклості, вихідного профілювання й зношування валків визначається рівнянням.

Площинність (не площинність) ХЛС визначається по величині відхилення від рівності й проявляється у вигляді хвилястості й коробоватості при наявності нерівності витяжок по ширині штаби. Між поперечним профілем і формою листа існує тісний взаємозв'язок.

Одержання необхідних механічних властивостей є найважливішим завданням прокатки, тому що значною мірою структура і штампуємість листової сталі визначаються режимом холодної прокатки. При малому ступені

деформації, нижче критичної, зерна гарячекатаного металу майже не дробляться, і при наступному відпалі зовсім не спостерігається росту зерна, тому що відсутня рекристалізація. При критичному ступені деформації (наприклад, 7...10 % для сталі 08кп) при рекристалізації утворюються дуже крупні зерна. Зі збільшенням ступеня деформації зерна фериту дробляться й витягаються в напрямку прокатки, відбувається розрив поміжзернової речовини, границі зерен майже зникають, цементит також витягається уздовж напрямку прокатки. При обтисненні більш 50 % структура стає полосчатою (текстурою), з подальшим збільшенням обтиснення границя текучості стає майже рівним межі міцності, область пластичної деформації зменшується, тому що метал зміцнюється, і подальша прокатка стає скрутною (для вуглецевої сталі таке явище настає при $\varepsilon = 95...97\%$).

Зі збільшенням ступеня деформації відбувається ріст границь текучості й міцності холоднокатаної відпаленої сталі. Найменша величина границі текучості відпаленої сталі виходить при обтисненні 30...40 %, що дає можливість знижувати границя текучості й одержувати більш високу пластичність. Однак для такого режиму обтиснення необхідний тонкий підкат, який на НШС гарячої прокатки одержати дуже важко. Тому при холодній прокатці на практиці сумарне обтиснення становить 50...80 %, а одержання необхідних механічних властивостей забезпечують добором оптимального хімічного складу сталі і режиму відпалу. Наприклад, можливе застосування проміжного відпалу після обтиснення 50...55 %, що дає можливість підвищити відносне подовження на 8...10 %, знизити границя текучості на 30...50 МПа й твердість на 3...6 одиниць по Бринелю. Крім того, у цьому випадку не обмежується максимальна товщина підкату, що прокатується на стані гарячої прокатки.

Технологія холодної прокатки на реверсивні й багатовалкових станах

Реверсивні стани призначені для холодної прокатки смуг з мало вуглецевих, легованих і електротехнічних сталей товщиною 0,2...2,5 мм, шириною до 1550 мм із підкату товщиною 2...4,5 мм і масою рулону до 15 т. Такі стани встановлюють у цехах холодної прокатки при невеликому обсязі виробництва із широким сортаментом готових смуг, що й прокатуються сталей.

На рисунку 1.20 представлений загальний вид реверсивного стану холодної прокатки 1700.

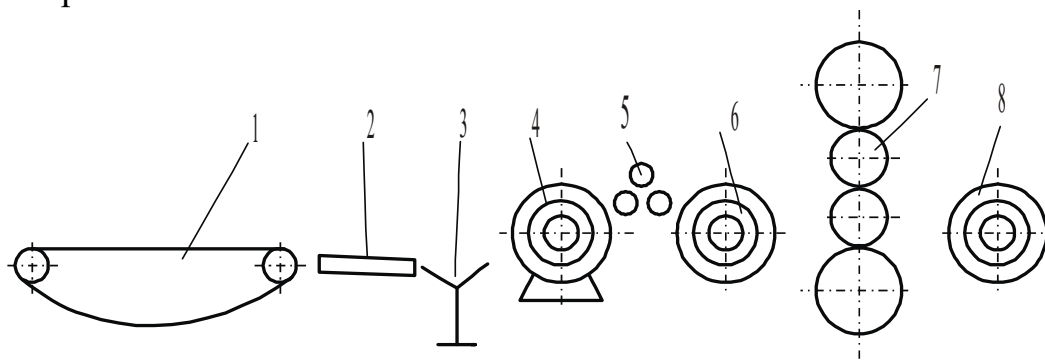


Рисунок 1.20 – Схема реверсивного чотирьохвалкового стану холодної прокатки 1700

Стан 1700 призначений для холодної прокатки смуг товщиною 0,5...2,5 мм, шириною до 1550 мм із підкату товщиною 2-4,5 мм із масою рулону до 15 т, діаметр робітника й опорного валків — 500 і 1700 мм, довжина бочки валків — 1700 мм, швидкість прокатки 5...10 м/с, потужність двигуна головного привода — 4000 кВт, максимальна сила прокатки 26 МН, сумарне обтиснення - до 90 %.

Рулон протравленої гарячекатаної сталі транспортером 1 і прийомним похилим столом 2 перекочується на піднімальний стіл 3. Останній, переміщаючись вправо, установлюється на осі розмотувача 4. Після затискача рулону на головках розмотувача магнітний відгибач задає смугу в правильно-тягнучі ролики 5 і (минаючи ліву моталку 6). При виході з валків на заправній швидкості передній кінець штаби заправляється в праву моталку 8, моталкою створюється натяг штаби, швидкість прокатки збільшується до робочої й проводиться перший пропуск. Стан зупиняється, коли вся штаба змотується з розмотувача 4 і задній її кінець не дійде до валків на 200...300 мм. Після цього валки робочої кліти 6 підтискаються натискним пристроєм на необхідне обтиснення в другому пропуску, стан реверсується й не прокатаний задній кінець штаби затискається в щілині лівої моталки 6. Потім за допомогою моталок створюється передній і задній натяг, і відбувається другий пропуск. Наступні пропуски відбуваються при реверсуванні валків і моталок. Після останнього непарного пропуску рулон штаби на правій моталці 8 обв'язується стрічкою й за допомогою знімача рулонів подається до стелажу.

Технологія прокатки на реверсивних станах аналогічна технології на НСХП, описаної вище, за винятком деяких особливостей.

При виборі раціонального режиму обтиснень урахують наступні положення: відносне обтиснення від пропуску до пропуску зменшується; внаслідок росту границі текучості сила прокатки у всіх пропусках приблизно однакова; для високо вуглецевих і легованих марок сталей обтиснення в пропусках нижче, чим для вуглецевих; при прокатці смуг з високими точністю й чистотою поверхні збільшується кількість пропусків.

У деяких випадках при прокатці малопластичних сталей застосовують попередній підігрів штаби до $t = 250$ °С за допомогою індукційних нагрівальних елементів, установлених між моталкою й робочою кліттю.

Під час прокатки підтримується постійний натяг за рахунок регулювання числа обертів моталок.

Переваги реверсивних станів перед НСХП: широкі можливості керування технологічним процесом; широкий сортамент смуг по розмірах і маркам сталей; можливість прокатки листів з малопластичних сталей.

Істотними недоліками реверсивних станів є: наявність на кожному кінці рулону стовщень штаби довжиною, відповідної до відстані від валків до моталки; значний час несталоного процесу; низька продуктивність.

Реверсивні стани холодної прокатки типу МКВ (рис. 1.21) випускають широкий сортамент за рахунок застосування змінюваних робочих валків 3 і 4 малого діаметра, що опираються на холості опорні ролики 2 і приводні опорні валки 1. На таких станах прокатують смугу товщиною 0,1...2 мм і сталеву фольгу товщиною до 0,03 мм, шириною до 1250 мм зі швидкістю до 15 м/с.

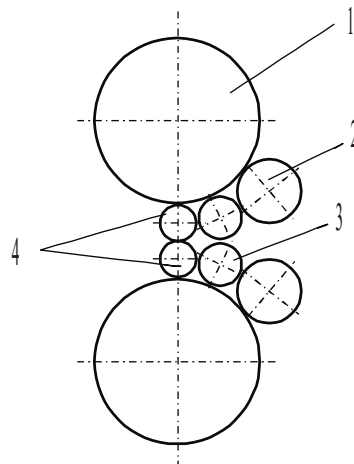


Рисунок 1.21 – Схема кліти стану МКВ

Для одержання тонкої і найтоншої штаби зі спеціальних високо вуглецевих і нержавіючих сталей з підвищеною точністю встановлюють багатовалкові стани (6-, 12- і 20-валкові). На рисунку 1.22 показаний загальний вид двадцятивалкового реверсивного стану 55x1200 конструкції ВНИИМЕТМАШ.

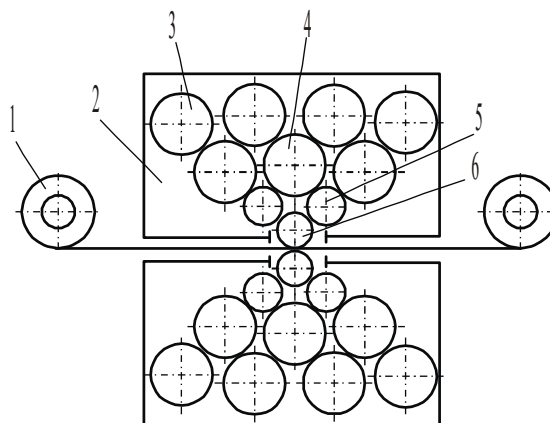


Рисунок 1.22 – Схема двадцятивалкового стану 55x1200

Стан 55x1200 призначений для прокатки смуг з електротехнічних і легованих сталей товщиною 0,1...0,5 мм і шириною до 1000 мм зі штаби

товщиною 1...3,5 мм із масою рулону до 15 т. Прокатка здійснюється зі швидкістю 3,5...7,7 м/с і сумарним обтисненням 85...90 %, потужність двигуна головного привода становить 2600 кВт.

Стан складається з робочої кліті 2 (рис. 1.22) і двох моталок 1. Масивна станина робочої кліті відлита у вигляді моноблока великої твердості. У станині симетрично осі прокатки розташовано 20 валків з довжиною бочки 1200 мм: два робітників не приводних хитка 6 діаметром 55 мм, виготовлених з високоміцної хромовольфрамкової сталі із твердістю бочки 100... 105 одиниць по Шору; чотири проміжні опорні не приводні хитка 5 діаметром 100 мм; шість проміжних валків 4 діаметром 175 мм, з яких два верхні й два нижні є приводними; вісім опорних валків 3, на кожному з яких шість прецизійних підшипників діаметром 300 мм і шириною по 200 мм із чотирирядними циліндричними роликами.

Чотири приводні проміжні хитка приводяться від двох електродвигунів постійного струму, кожний потужністю 1300 кВт, через комбінований редуктор — шестеренну кліть і чотири універсальні шпинделі. У якості натискного пристрою використовують привод ексцентрикових осей роликів (двох середні, верхніх і двох нижні) від чотирьох гідравлічних циліндрів (два вгорі і два знизу) і зубчастих рейок. Крім того, у робочій кліті передбачений пристрій для регулювання профілю штаби в процесі прокатки вигином верхніх роликів, установлених (як і всі інші) ексцентрично щодо своїх опор. По обидва боки робочої кліті розташовані ролики для виміру натягу штаби.

2 ТЕХНОЛОГІЯ ПРЕСУВАННЯ ТА ВОЛОЧІННЯ

Пресування металів спосіб обробки тиском, що полягає у видавлюванні (екструдуванні) металу із замкненої порожнини (контейнера) через отвір матриці, форма й розміри якого визначають перетин профілю, що пресують.

При пресуванні металів створюється високий гідростатичний тиск, внаслідок чого значно підвищується пластичність металу. Пресуванням можна обробляти багато тендітних матеріалів, що не піддаються обробці іншими способами (прокаткою, куванням, волочінням).

Цей процес є типовим для багатьох галузей промисловості. Наприклад, його використовують при формуванні хімічних волокон, стрижнів і труб з високомолекулярних з'єднань, джгутів з гуми, стрижнів із графіту, панелей з будівельних паст.

Назва походить від англійського слова *extrusion* – видавлювання, формування.

Процес пресування найбільше широко розповсюджений при обробці металів і сплавів. Пресуванням виготовляють довгомірні напівфабрикати всіякого поперечного перерізу (прутки, труби й профілі) з алюмінієвих, магнієвих, мідних, титанових сплавів, сталей, жароміцних і інших металів і сплавів.

За спрощеною схемою процеси пресування металів підрозділяються на два основні методи – прямий і зворотної або зворотний.

Розрізняють наступні види пресування металів (рис. 2.1): із прямим витіканням металу (напрямок руху металу збігається з напрямком руху прес-шайби — схеми *a* і *б*) і зі зворотним (метал тече назустріч руху матриці, яка виконує також функції прес-шайби, — схеми *в* і *г*).

При пресуванні металу (заготовка -1) із прямим витіканням профілю суцільного перетину (схема *a*) прес-штемпель (2) через прес-шайбу передає тиск на заготовку (1), що перебуває в контейнері (4). При цьому метал заготовки видавлюється в отвір матриці (5), закріпленої в тримачі матриці (6), і утворює профіль – прес – виріб (7).

Швидкість витікання профілю в стільки раз перевищує швидкість руху прес - штемпеля (швидкість пресування), у скільки раз площа перетину порожнини контейнера більше площі отвору в матриці.

При пресуванні труби із прямим витіканням (схема *б*) метал заготовки (1) видавлюється в кільцевий зазор між матрицею (5) і голкою (8), утворюючи трубу (7) заданої конфігурації. У цьому випадку заготовка (1) переміщається не тільки щодо контейнера (4), але й щодо голки (8).

При пресуванні металу зі зворотним витіканням (схема *в*) силовий вплив на заготовку (1) здійснюється через контейнер (4), що одержує рух у напрямку, зазначеному стрілкою, через укорочений прес-штемпель - пробку (10), що замикає контейнер (5). З іншої сторони контейнер заціпається подовженим тримачем матриці (6), у якому закріплена матриця (5). При переміщенні

контейнера (4) разом з ним переміщається заготовка (1), і метал видавлюється в канал матриці, утворюючи профіль (7).

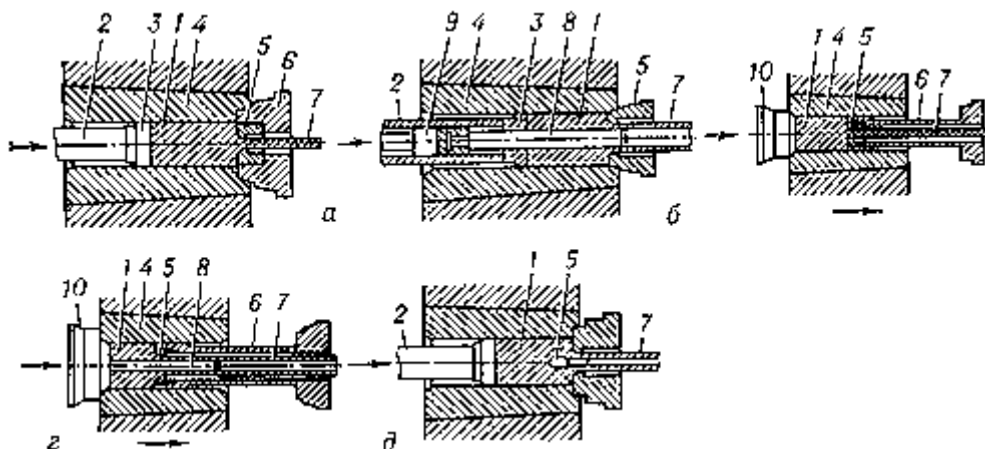


Рисунок 2.1 - Схеми пресування профілю суцільного перетину: а - із прямим витіканням металу; б - труби із прямим витіканням металу; в - профілю суцільного перетину зі зворотним витіканням металу; г - труби зі зворотним витіканням; д - труби або порожнього профілю із заготовки суцільного перетину (пресування зі зварюванням); 1 - заготовка; 2 - прес-штемпель; 3 - прес-шайба; 4 - контейнер; 5 - матриця; 6 - матрицетримач; 7 - прес-виріб; 8 - голка; 9 - голкотримач; 10 - пробка.

При пресуванні металу із прямим витіканням (схеми а, б) внаслідок тертя металу про поверхню контейнера периферійні шари заготовки випробовують значно більш високі здвигові деформації, чому центральні шари. Нерівномірність деформації приводить до відмінності структури й властивостей по перетину виробу; особливо помітно це при пресуванні прутків великого діаметра.

При пресуванні металу зі зворотним витіканням (схеми в, г) тертя металу про поверхню контейнера відсутнє, внаслідок чого нерівномірність структури й властивостей по перетину виробу значно менше. Крім того, при зворотнім витіканні значно менше зусилля, необхідні для пресування металу, завдяки чому можливе зниження температури нагрівання заготовок і підвищення швидкості процесу.

Для одержання труб і порожніх профілів з алюмінієвих і магнієвих, а в деяких випадках мідних і титанових сплавів використовується також пресування металу зі зварюванням (схема д). Заготовка (1) під тиском, переданим прес-штемпелем 2), розсікається гребенем матриці (5) залежно від його конструкції на два або кілька потоків металу. Ці потоки потім під дією високого тиску зварюються, охоплюючи суцільною масою голку матриці, виконану за одне ціле із гребенем. Остаточна труба формується в кільцевому зазорі між матрицею й голкою.

2.1 Розвиток методів пресування

Запропонована також інша більш докладна класифікація з урахуванням конструкції встаткування, інструмента, побудови технологічного процесу.

Їх можна розділити на дві більші групи — пресування напівфабрикатів і пресування деталей.

Перша група — пресування напівфабрикатів з різних металів і сплавів.

Друга група — пресування виробів невеликої довжини (близької до довжини пуансона). Наприклад, клапанів, турбінних лопаток, цапф причепа й інших деталей для різних видів машинобудування.

Пресування напівфабрикатів може бути розбите на дві більші підгрупи:

- а) перша підгрупа - типом застосовуваного встаткування, його конструкцією й конструкцією комплекту інструмента;
- б) друга підгрупа - типом побудови технологічного процесу.

До першої підгрупи першої групи ставляться:

- 1) пряме пресування прутків, профілів і труб;
- 2) зворотне пресування прутків і профілів;
- 3) сполучене пресування труб;
- 4) поперечне - бічне пресування;
- 5) пресування труб і пустотілих профілів на прутковому пресі через комбіновану матрицю - пресування зі зварюванням;
- 6) пряме пресування профілів змінного перетину;
- 7) зворотне пресування профілів змінного перетину;
- 8) пряме пресування профілів періодичного перетину;
- 9) пряме пресування труб змінного й періодичного перетинів;
- 10) зворотне пресування труб змінного перетину;
- 11) пряме пресування труб несиметричного перетину;
- 12) гідростатичне видавлювання рідиною високого тиску.

До другої підгрупи першої групи ставляться:

- 1) безперервне пресування;
- 2) вакуумне пресування;
- 3) холодно-швидкісне пресування;
- 4) пресування без прес залишку;
- 5) пресування прутків і профілів із сорочкою;
- 6) ізотермічне пресування;
- 7) пресування у воду або інертний газ.

Друга група процесів включає наступні різновиди:

- 1) зворотне пресування труб на пуансон;
- 2) ударне холодне пресування;
- 3) пресування із протитиском;
- 4) пресування окремих деталей.

2.2 Методи пресування, що відрізняються конструкцією преса і настроюванням інструмента

Пряме пресування прутків, профілів і труб

При прямім пресуванні прутків, профілів і труб зливок, поміщений у контейнер, що впливає виріб і пуансон рухаються в одному напрямку. При цьому методі пресування (рис. 2.2) злинок переміщається в нерухливому контейнері преса, тому з'являються сили тертя між злитком і стінками контейнера. Пресування називається прямим, тому що наповнення плинину металу збігається з напрямком руху пуансона.

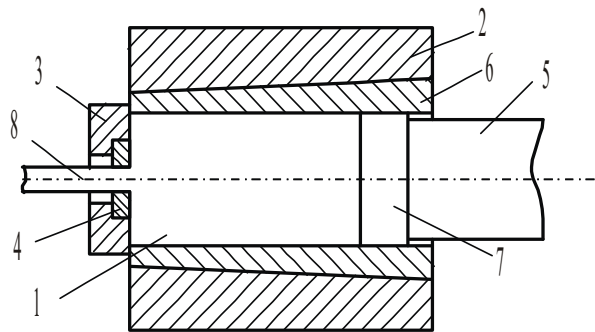


Рисунок 2.2 – Схема процесу прямого пресування прутка: 1 – заготовка; 2 – контейнер; 3 – тримач матриці; 4 – матриця; 5 – поршень; 6 – втулка; 7 – прес шайба; 8 – прес виріб

Контейнер являє собою втулку із циліндричною порожниною й пресування ведеться із циліндричного зливка. Діаметр зливка або пресуємої заготовки залежить від розміру виробу й коливається від 60 мм на малих пресах до 1200 мм на потужних пресах. При пресуванні широких профілів типу панелей з більшим співвідношенням ширини профілю і товщини його полиці застосовують контейнери із втулкою прямокутного перетину.

Зворотне пресування прутків і профілів

При зворотному пресуванні плин металу відбувається без переміщення зливка в контейнері. Сили тертя між злитком і стінками контейнера не виникають, внаслідок чого значно зменшується дія зовнішніх сил тертя на деформуємий метал і загальне зусилля пресування. По цьому методу пресування порожній пуансон 1 матриця, що й міститься на його кінці, 2 здвигаются в контейнер 3 і виріб впливає в, порожнина пуансона (рис. 2.3).

Контейнер може бути нерухливий, тоді рухається порожній пуансон. Може бути навпаки - рухливий контейнер, що насувається зі злитком 4 на порожній пуансон. Напрямок плинину металу протилежно, напрямку руху

матриці з пуансоном і тому пресування називається зворотним. Для пресування цим методом використовують преси спеціальної конструкції.

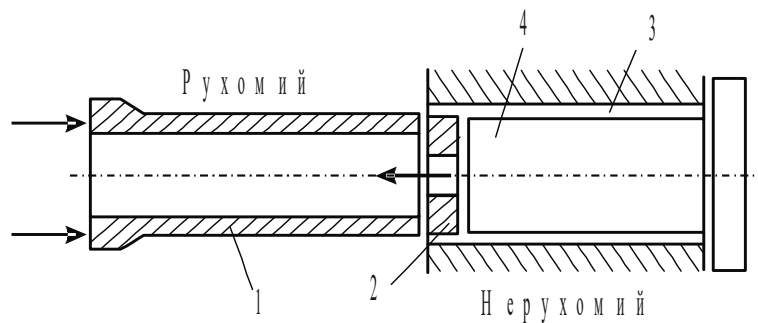


Рисунок 2.3 – Схема зворотного пресування прутка: 1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – контейнер; 4 – зливоч.

Сполучене пресування труб

У виробництві труб великого діаметра понад 100 мм застосовується метод сполученого пресування. Сутність цього методу полягає в тому, що в ньому сполучаються, що йдуть один за іншим два процеси:

- а) прошивання без втрати металу на пробку (утвір склянки);
- б) утвір труби зі склянки методом прямого пресування.

Сполучене пресування здійснюють у такий спосіб: у контейнер вводять звичайну пруткову прес шайбу (рис. 2.4), яка закриває отвір матриці 3 на час, утвори склянки (прошивання зливка голкою 4) або, як це роблять у пресах сучасних конструкцій, отвір матриці закривають за допомогою спеціального пристрою. Далі подають зливоч 5, який пуансоном 2 і прес шайбою 6 засувається в контейнер. Перед початком прошивання зливоч обжимають для заповнення контейнера. На рисунку 2.4, а показане положення зливка й інструмента. перед початком прошивання. Щоб забезпечити зворотний плин металу в процесі прошивання зливка й утвору склянки; необхідно зняти тиск і відсунути пуансон, відповідну до обсягу витиснутого металу.

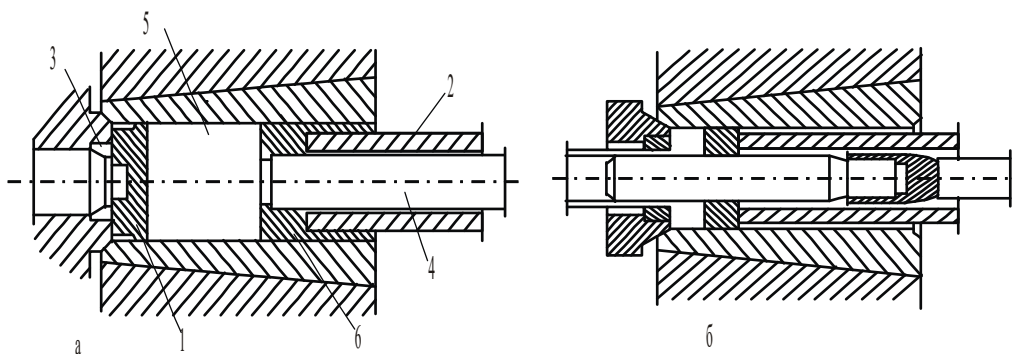


Рисунок 2.4 – Схема методу сполученого пресування труб: 1- прес шайба; 2 - пуансон; 3 - матриця; 4 – голка; 5 - зливоч

На рисунку 2.4, б видне положення зливка й інструмента наприкінці ходу прошивання зливка; після того як утворена склянка, видаляють прес шайбу 1 або відкривають затвор і рухом голки вперед вирізьблюється дно склянки; голка входить у матрицю, утворюючи кільцевий зазор, через який при русі шпінтону вперед відбувається пряме пресування труби заданого розміру.

Бічний – бічне – поперечно – бічне пресування

Спосіб одержання прутків поперечним пресуванням за схемою, показаної на рисунку 2.5. Матриця розташована під прямим кутом до осі пуансона. Зусилля плунжера преса діє на заготовку в напрямку її поздовжньої осі, а випресовує метал виходить із матриці під кутом 90° до напрямку дії зусилля преса. Бічне пресування може бути одно канальним і двоканальним з розташуванням матриці із двох сторін контейнера.

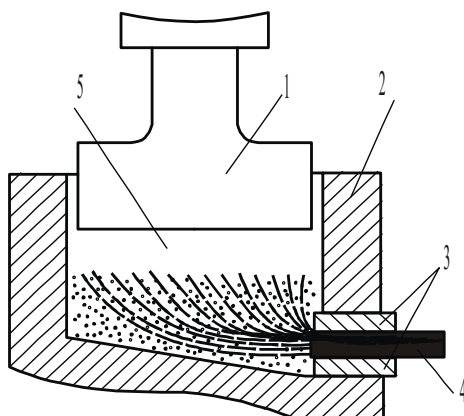


Рисунок 2.5 – Схема поперечного бічного пресування: 1 – пуансон; 2 – контейнер; 3 – матриця; 4 – прес-виріб; 5 – заготовка

Бічний-бічне-поперечно-бічне пресування застосовують при виготовленні високоякісних пружин для клапанів літаків, а також накладенні алюмінієвих і свинцевих оболонок на електричний кабель. Характер плинності металу при поперечному пресуванні забезпечує мінімальну різницю механічних властивостей виробу в поздовжньому й поперечному напрямках. При поперечному пресуванні: деформація може досягати високих значень, що підвищує міцність виробу. Поперечно-бічним пресуванням можна робити не тільки прутки, але й труби. Для цієї мети застосовують так звану язичкову матрицю, принцип дії якої описаний далі. Застосування бічного пресування дає можливість використовувати вертикальний прес для одержання виробів максимально можливої довжини.

Пресування труб і пустотілих профілів через комбіновану матрицю - пресування зі зварюванням

Комбінована матриця (язичкова матриця, мостикова матриця, або матриця із вмонтованою голкою). Вона складається з матриці й голки.

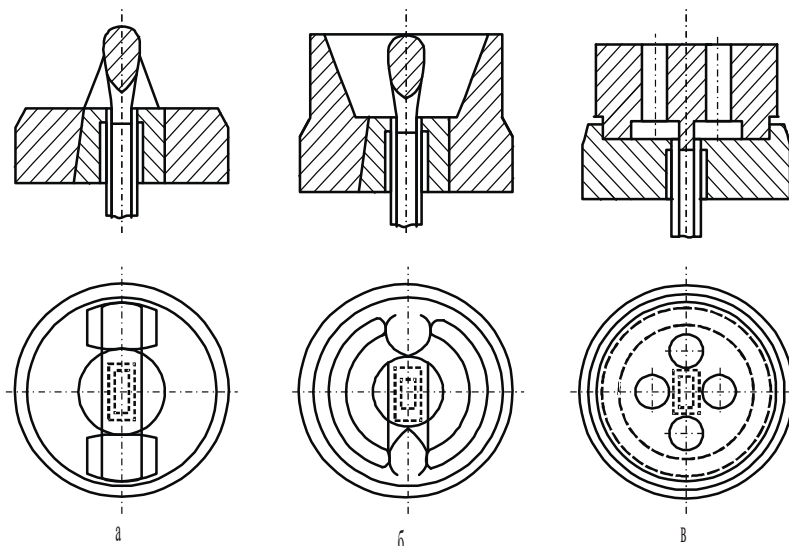
Процес пресування здійснюється на пруткових пресах прямої дії в такий спосіб: нагрітий метал при русі в контейнері під дією пуансона розсікається гребенем матриці на кілька потоків. Ці потоки металу обтікають голку, вмонтовану в гребінь матриці, і в особливих «кишенях» зварюються під більшим тиском, що утворюються при цьому внаслідок тиску преса на пуансон. Цей різновид називають іноді пресуванням зі зварюванням. Потім метал остаточно формується в зазорі між матрицею й голкою й виходить у готовому виді. Існують комбіновані матриці чотирьох типів:

- а) з виступаючим гребенем;
- б) з утопленим гребенем;
- в) з напівутопленим гребенем;
- г) камерні матриці.

На рисунок 2.6 показано три типи матриць для пресування порожнього профілю.

Метод пресування пустотілих виробів у комбіновану матрицю освоєний на алюмінієвих і магнієвих сплавах.

Метод пресування в цю матрицю дає можливість одержувати труби із блискучою внутрішньою поверхнею, усуває утвір різностіності, заощаджує витрати на сталь для голки пресового інструмента. Однак виготовлення язичкової матриці трохи складніше й дорожче звичайних матриць і голок.



Рисунку 2.6 – Ескіз язичкової матриці для пресування: *а* – с виступаючим гребенем; *б* – з утопленим гребенем; *в* – із плоским гребенем

Пряме пресування профілів змінного перетину

Профілі змінного по довжині перетину ведеться двома шляхами: застосування конічних голок і застосування матриці з рухливими частинами. Перший шлях подібний зі звичайним пресуванням труб, тільки замість циліндричної голки застосовують конічну голку, що утворює разом з матрицею перетин необхідного профілю.

Зворотне пресування профілів змінного перетину

Зворотне пресування профілів змінного перетину проводять на звичайних пресах. Схема наведена на рисунок 2.7.

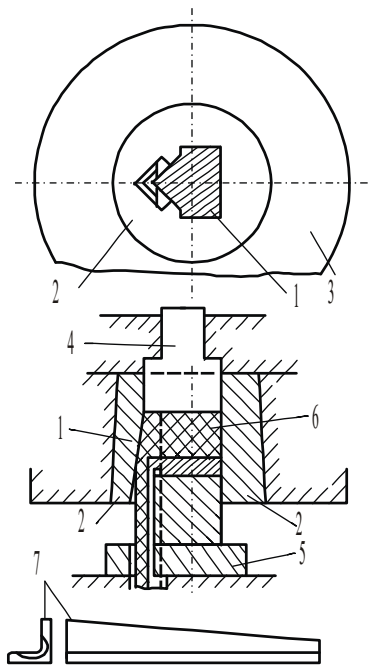


Рисунок 2.7 – Схема зворотного пресування профілів змінного перетину: 1 – матриця; 2 – профілюючий вкладиш; 3 – корпус контейнера; 4 – виштовхувач; 5 – тримач матриці; 6 – заготовка; 7 – прес виріб.

Для утвору змінного перетину профілю служить конічний вкладиш контейнера, що визначає конус профілю.

Пряме пресування профілів періодичного перетину

Профілі періодичного перетину роблять довжиною кілька десятків метрів. Вони полягають або із профілю основного перетину і однієї закінцівки (рис. 2.8); із профілю основного перетину і двох закінцівок; із профілю, де різні перетини, повторюються періодично, неодноразово.

Закінцівка – другий щабель профілю – має довжину від 200 до 500 мм і призначена для виготовлення вузла кріплення профілю до інших елементів

конструкції. Іноді для полегшення, деформації металу в місці переходу перетинів передбачають додатково перехідну зону довжиною до 100 мм.

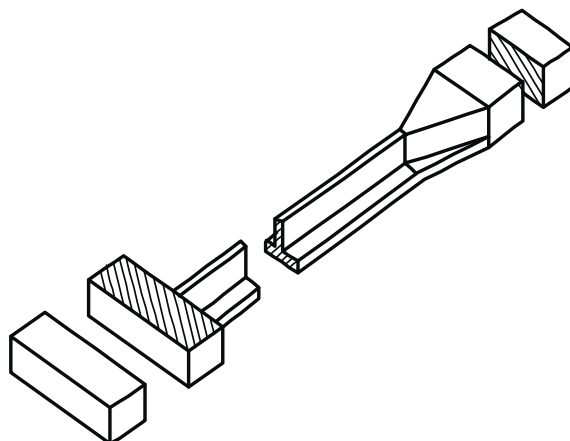


Рисунок 2.8 – Схема профілю таврового перетину із закінцівками

Способи пресування профілів періодичного перетину:

- 1) роздільне пресування основного перетину й закінцівки за допомогою декількох розбірних матриць;
- 2) одночасне пресування основного перетину й закінцівки за допомогою декількох або однієї розбірної матриці;
- 3) спосіб дворазового пресування;
- 4) пресування профілів періодично мінливого перетину зі зворотним витіканням металу;
- 5) пресування профілю із двома закінцівками.

Пряме пресування труб змінного й періодичного перетинів

Для пресування труб змінного перетину прямим методом застосовують конічну голку, яка й визначає при пресуванні конус внутрішньої порожнини труби.

Ці труби роблять із внутрішніми й зовнішніми закінцівками, стовщеннями з обох кінців труби, а також із внутрішніми стовщеннями - ребрами жорсткості. Стовщень може бути не тільки два по кінцях труби, але й більш двох; труби можуть бути з одним, зовнішнім і одним внутрішнім стовщеннями. Виробництво кожного із цих видів труб індивідуально й вимагає свого настроювання преса, а також послідовності технологічних операцій.

Схема пресування труб із внутрішніми стовщеннями наведена на рисунку 2.9. Робоча частина голки має різні діаметри, відповідні до внутрішніх діаметрів труби в основному перетині й стовщеннях.

Технологія пресування труб з одним зовнішнім і одним внутрішнім стовщеннями аналогічна описаній вище з тою лише різницею, що одне стовщення пресують у рознімну матрицю за принципом пресування закінцевочних профілів.

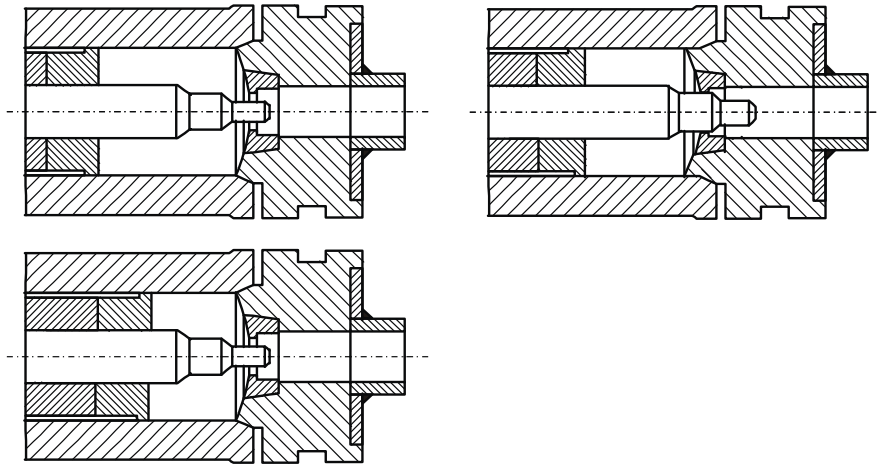


Рисунок 2.9 – Схема пресування труб із внутрішнім стовщенням

На рисунку 2.10 наведена схема пресування труби із зовнішніми стовщеннями. Голка по довжині має діаметр періодично мінливого різного розміру.

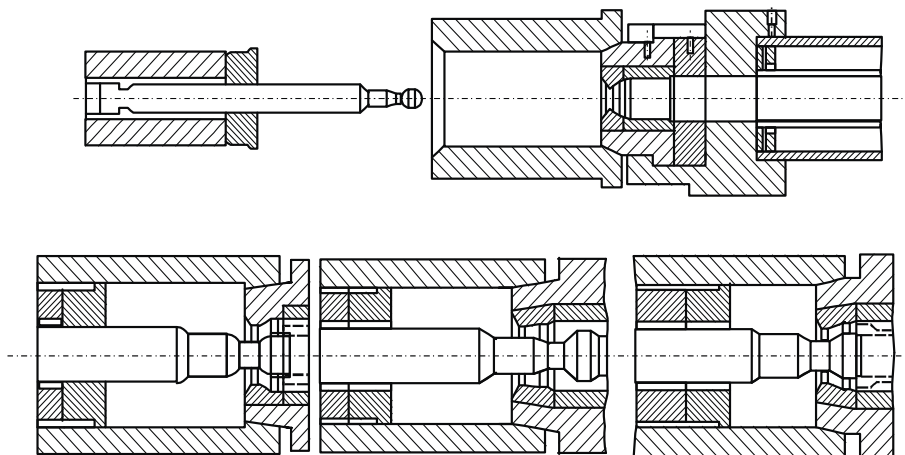
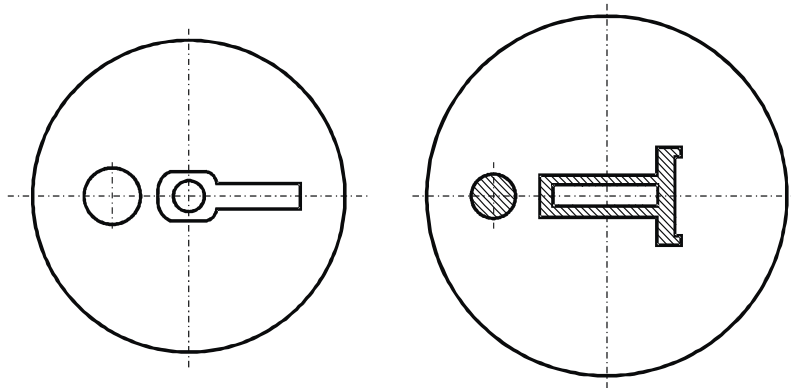


Рисунок 2.10 – Схема пресування труб із двома зовнішніми стовщеннями

Перша частина голки, встановлена в матрицю, має малий діаметр. Інша частина голки має більший діаметр, та вихідна труба при проходженні через неї лунає й внутрішній діаметр її стає відповідним до більшого діаметра голки.

Пряме пресування труб несиметричного перетину

Методом пресування можна одержувати труби несиметричного перетину, особливо це актуально для матеріалів з кольорових металів. На рисунку 2.11 показані матриці для пресування профілю несиметричного перетину з паразитним отвором.



Рисунку 2.11 – Матриця для пресування порожнього профілю несиметричного перетину з паразитним отвором

Труби змінного перетину із зовнішніми стовщеннями й плавним переходом можна пресувати трьома способами:

- а) з розсувною матрицею, що вимагає складного й потужного механізму розсування секторів матриці;
- б) з фігурною голкою, аналогічно показаному;
- в) з рухливою голкою, що має конфігурацію готової труби.

З нових способів пресування виробів і заготовок розглянемо спосіб безперервного пресування, названий способом «Конформ», схема якого наведена на рисунку 2.12. Спосіб заснований на застосуванні рухливого обертового інструмента у вигляді колеса із врізаною канавкою нерухливого інструмента, що й примикає до нього, називаного черевиком, причому в торці черевика встановлена матриця, яка перекриває канавку колеса.

У якості заготовки використовується пруток 7, який задається в струмок 2, виконаний на робочім колесі 1 у вигляді кільцевої канавки й із зовнішньої сторони закритий притискним черевиком 3, на внутрішній поверхні якого виконаний виступ 4, що охоплює заготовку 7. У черевику 3 закріплений блок інструмента із пресовою матрицею 5.

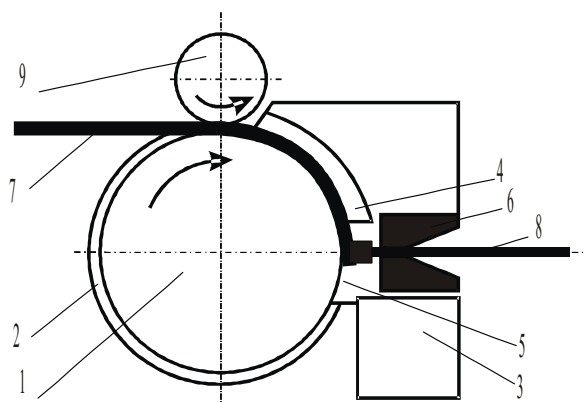


Рисунок 2.12 – Схема процесу безперервного пресування по способу Конформ: 1 - робоче колесо, 2 - кільцева канавка, 3 - черевик, 4 - кільцева вставка, 5- вставка, 6 - матриця, 7 - заготовка, 8 - виріб, 9 - валок

При подачі пруткової заготовки в зазор між черевиком і колесом, вона просувається в камеру пресування, утворену поверхнями черевика й канавки, під дією сил тертя по поверхні контакту з обертовим колесом і досягає матриці. У зоні, безпосередньо перед матрицею заготовка зазнає інтенсивному пластичному деформуванню («роздавлюванню») за рахунок якого розігрівається до високих температур і заповнює весь перетин канавки (зона захвата при видавлюванні); це сприяє збільшенню сил тертя між поверхнею канавки й заготовкою. При обертанні колеса сили тертя від стінок канавки створюють у заготовці поздовжні сили, необхідні для видавлювання матеріалу заготовки через отвір у матриці. Зона неповного контакту заготовки з поверхнею канавки (зона первинного захвата) служить для розвитку тиску, необхідного для пластичного деформування матеріалу й заповнення обсягу в зоні перед матрицею.

У якості заготовки можна використовувати звичайний дріт, причому процес її деформування - втягування в камеру пресування в міру повороту колеса, попереднє профілювання й заповнення канавки в колесі, створення робочого зусилля й, нарешті, пресування - іде безупинно, тобто реалізується технологія безперервного видавлювання.

Процес призначений для пресування заготовок щодо невеликого діаметра. У якості заготовки для пресування дроту використовують катанку або пресований пруток, згорнутий у бухту. Фрикційна подача металу забезпечується поверхнею калібру диска. При проходженні металу через заданий калібр заготовці поступово надається форма квадрата, що має більш розвинену поверхню.

Цей процес призначений для пресування низько пластичних сплавів з підвищеними ступенями деформації. Таким способом можна одержати дріт з м'яких сплавів і профілі невеликих розмірів, коли діаметр описаної окружності не перевищує 5 – 6 мм, а витяжка при цьому наближається до 100.

До недоліків способу «Конформ» можна віднести наступне:

- висока енергоємність процесу, тому що витрати на подолання сил тертя по поверхнях інструментального вузла вимагають застосування для привода електродвигунів великої потужності;
- нерівномірність деформації;
- досить складна конструкція пресового вузла.

Спосіб Лайнекс заснований на використанні активних сил тертя, що виникають між плоскими поверхнями ланок нескінченних ланцюгів і верхньої й нижньої площинами заготовки, що має прямокутний поперечний переріз. Схема даного способу наведена на рисунку 2.13.

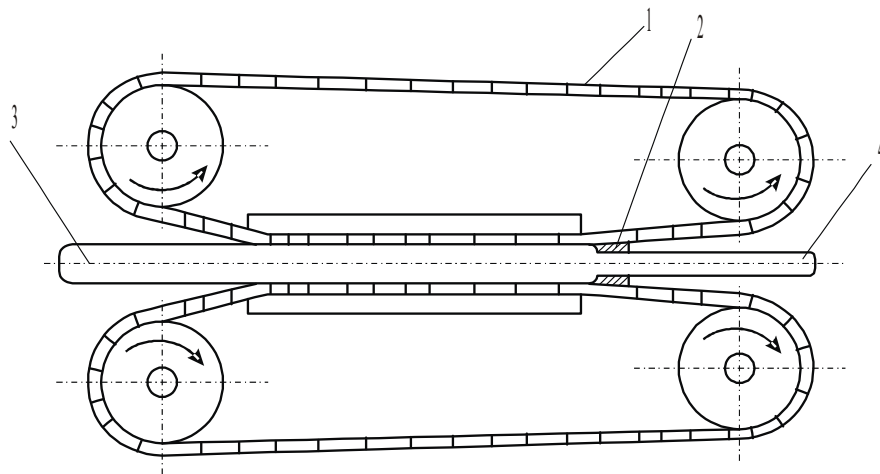


Рисунок 2.13 – Схема безперервного пресування способом Лайнекс: 1 - приводні ланцюги, 2 - матриця, 3 - заготовка, 4 - виріб

Цей спосіб застосовують для виробництва алюмінієвих шин і дроту на заводах фірми Vencuck (США).

Пропонується використання принципу гідропресування (рис. 2.14, б) коли рідина високого тиску з великою швидкістю обтікає заготовку, послідовно пресуєму в ряді матриць, установлених у гідроконтейнерах.

При пресуванні за схемою (рис. 2.14, в), заготовка захоплюється за допомогою нескінченної штаби гусеничних треків.

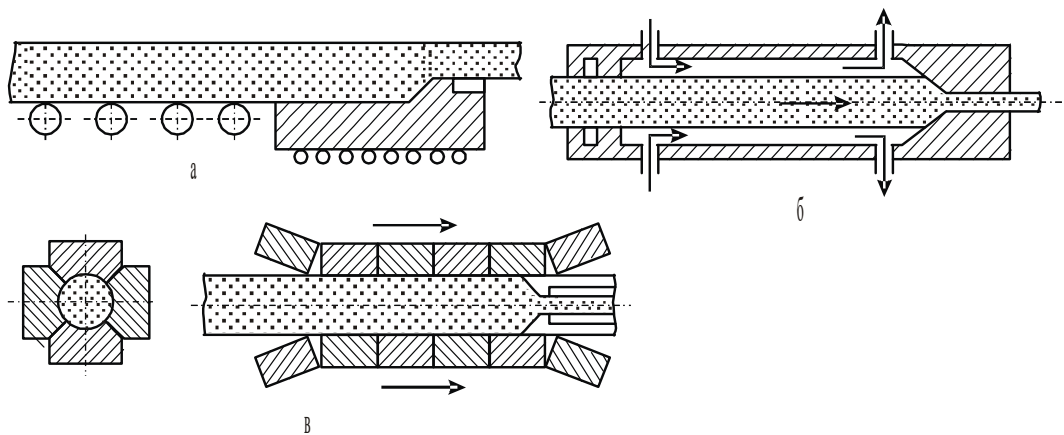


Рисунок 2.14 – Схеми безперервного пресування при подачі заготовки: а – за допомогою валків, що задають; б - безпосередньо рідиною високого тиску; в - за допомогою нескінченної штаби гусеничних треків.

Процес Екстролінг був запропонований і запатентований Б. Авітцуром в 1976 році і являє собою спосіб сполучення процесів прокатки й пресування в одному вогнищі деформації. Характеризується тим, що за рахунок активних сил контактної тертя між валками й заготовкою, видавлювання здійснюють через пресову матрицю (рис. 2.15).

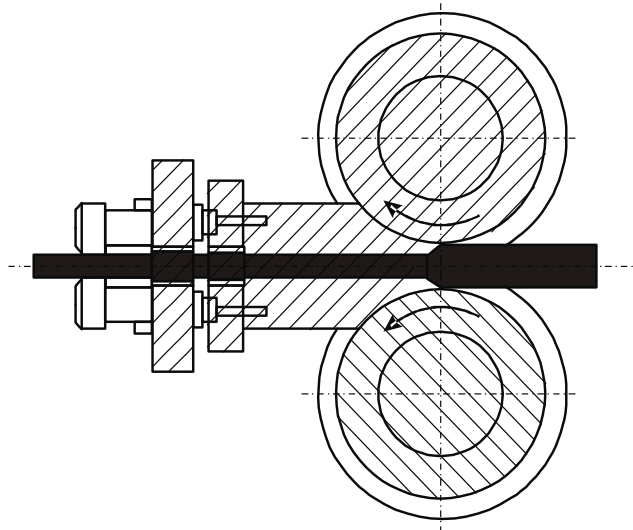


Рисунок 2.15 – Схема пристрою для процесу Електролінг: 1- робочі валки; 2 – матриця; 3 – заготовка; 4 - виріб

На рисунку 2.16 представлений агрегат для безперервного горизонтального лиття, що полягає з міксеря, механізму захвата, що безупинно відливається гарячого зливка й подачі його в прес; установки для оптимізації температурних умов процесу шляхом додаткового місцевого нагрівання металу в пластичній зоні або охолодження його в місці захвата; вузла пресування заготовки в заданий профіль; установки для термічної й механічної обробки профілів; затискного механізму, що дозволяє робити зворотно-поступальний рух з перехопленням заготовки.

Процес дозволяє досягти майже 100 % вихід придатного.

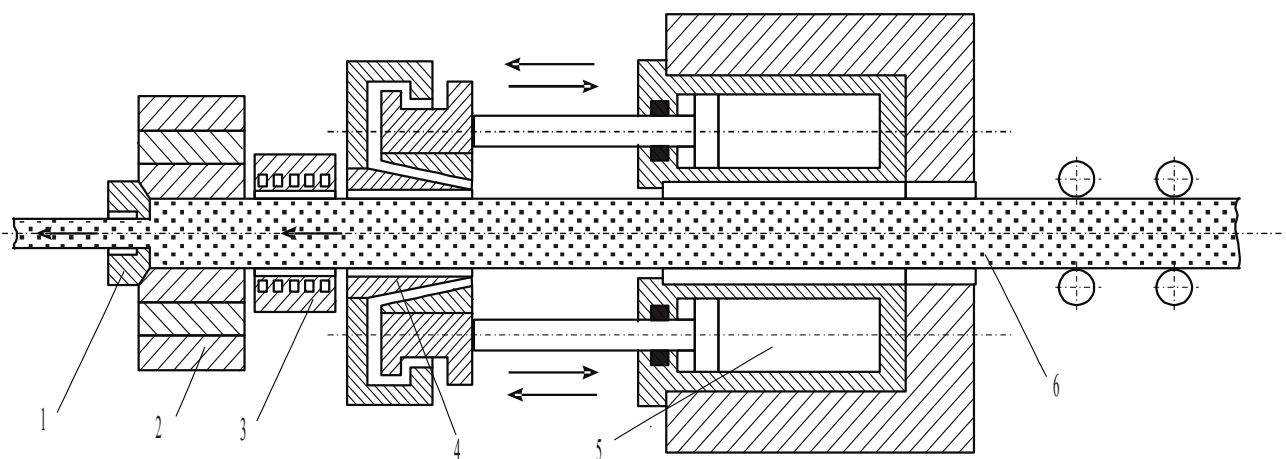


Рисунок 2.16 – Схема агрегату для безперервного пресування литому заготовки необмеженої довжини: 1 – матриця; 2 – контейнер; 3 – індуктор; 4 – затискач заготовки; 5 – циліндри робочого ходу; 6- заготовка

Розроблений ряд схем механічних шнекових пресів, що пресують метал у рідкому стані (іноді у вигляді гранул). У цьому випадку подача металу здійснюється під дією обертання черв'яка в контейнері (рис. 17, а).

За іншою схемою (рис. 17, б) черв'як, що подає метал, має осьову порожнину, через яку проходить кабель і розташована на його кінці оправлення.

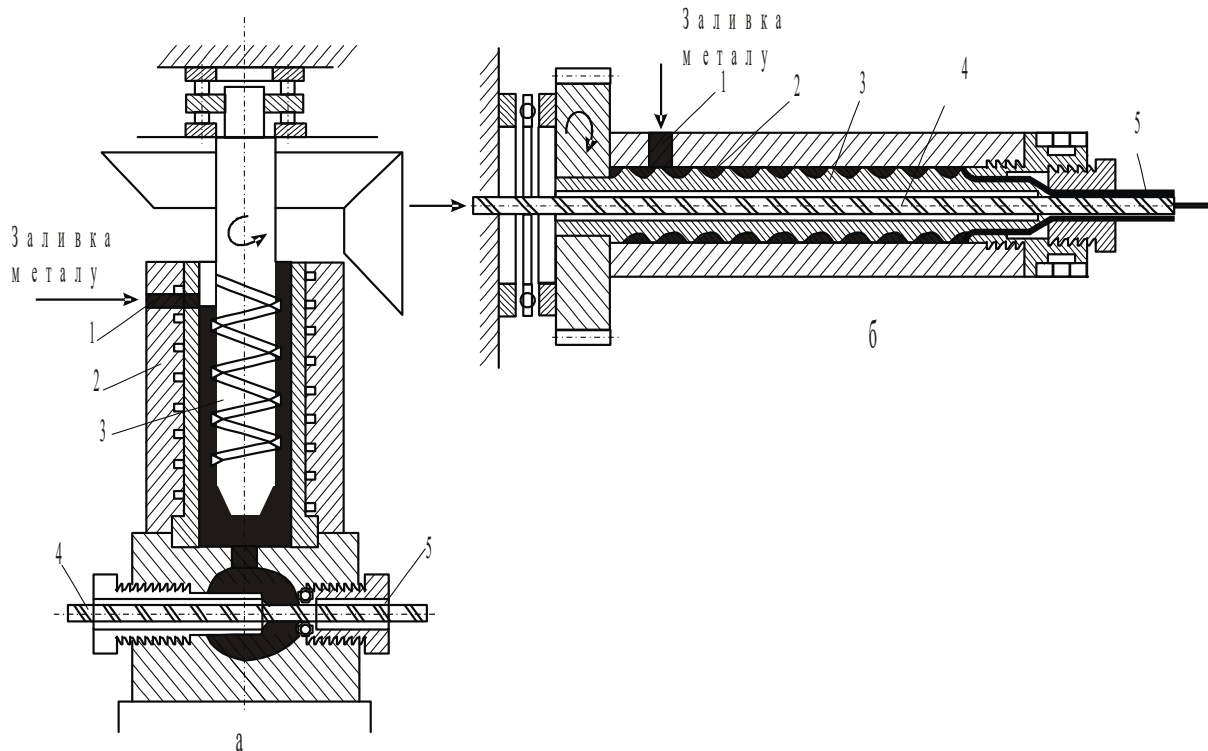


Рисунок 2.17 – Схема накладення оболонки шляхом безперервного пресування із заливанням рідкого металу: а - прес із суцільним черв'яком; б- з порожнім черв'яком; 1 - метал для оболонки; 2 – контейнер; 3 - черв'як; 4 - кабель без оболонки; 5 – кабель із накладеною оболонкою

2.3 Умови, що впливають на проведення процесу пресування

Однією з основних умов, що впливають на проведення процесу пресування є температура.

Нагрівання пресуємої заготовки сприяє зниженню опору деформації металу й підвищенню пластичних характеристик. З іншої сторони приводить до погіршення умов роботи інструмента.

Тому при визначенні температурних умов процесу однієї з основних завдань є досягнення оптимальних співвідношень між полегшенням силових умов і зменшенням негативного впливу на інструмент високих температур.

По температурних умовах процеси пресування можна розділити на наступні види.

1. Гаряче пресування.
2. Ізотермічне пресування.

3. Холодне пресування.

2.3.1 Методи пресування

Методи пресування, відрізняються типом технологічного процесу: безперервне; вакуумне; гідростатичне; холодно-швидкісне; без прес залишка; прутка із сорочкою; ізотермічне; у воду або в інертній атмосфері; окремих виробів.

Безперервне пресування застосовують звичайно для виготовлення виробів з алюмінію або алюмінієвих сплавів. Цей метод полягає в тому, що прес залишок від пресування попередньої заготовки або зливка не відокремлюють, а використовують для подальшого пресування.

Пресування ведуть із жорстко закріпленою прес шайбою. Після пресування однієї заготовки прес залишок, залишається в контейнері й туди подають новий зливоч. При пресуванні нового зливка з алюмінію або його сплавів прес залишок зварюється з наступним злитком, так що не можна знайти місця зварювання.

Цей метод застосовується при пресуванні профілів трамвайних дуг струмоприймача, а також смуг, шин з алюмінію й дає помітне підвищення виходу придатного. У деяких випадках цей метод застосовують для виробництва довгих труб з алюмінію довжиною більш на півкілометра.

Вакуумне пресування застосовують, щоб уникнути окиснення металу в контейнері в процесі пресування або не зварювання при безперервним пресуванні.

Контейнер трохи подовжують, як показано на рисунок 2.18, і до нього роблять спеціальне введення, з'єднаний з вакуумним насосом для відкачки повітря.

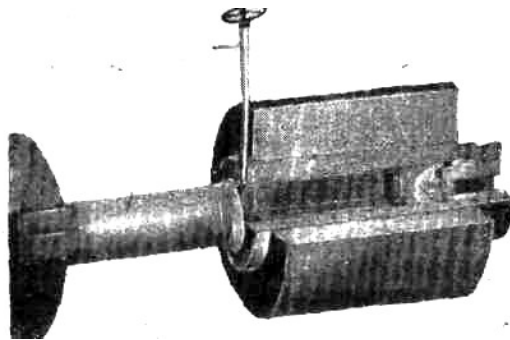


Рисунок 2.18. Схема складання інструмента для вакуумного пресування

Пресування ведуть із жорстко закріпленою прес шайбою. Перший зливоч пресують так, що в контейнері залишається прес залишок з довжиною близько 300 мм. Пуансон відводять назад і задають новий зливоч. За злитком задають алюмінієву шайбу, яка далі запресовується у фаску контейнера, але при цьому отвір не запресовується. Таким чином, забезпечується герметичність втулки по обидва боки й включається вакуумний насос.

Гідростатичне видавлювання полягає у видавлювання металів під впливом рідини, що перебуває під дуже високим тиском, що досягають 30 000 кГ/мм^2 і більш, що й подається на метал безпосередньо в контейнер.

Переваги цього способу полягають у тому, що зусилля видавлювання різко зменшується; метал, що перебуває під всебічним гідростатичним тиском, легше деформується, причому зусилля скорочується в 2 - 3 рази. Зменшенню зусилля сприяє значне зниження опору, тертю про стінки контейнера, тому що у вогнищі деформації створюється рідинне тертя, що сприятливо позначається на характер плину, що й забезпечує найбільш вигідні умови для пластичної деформації. Цим способом видавлюють метал при значно меншій зусиллі преса, чому у звичайному способі. Застосовується при пресування важко деформуємих металів і сплавів і м'яких металів (міді, алюмінію) і їх сплавів.

Холодно - швидкісне пресування ведуть при швидкості пресування в кілька раз перевищуючої швидкості пресування, застосовувану на звичайних пресах.

При цьому процесі використовується тепло деформації за допомогою якого розігрівається метал і зменшується опір деформації. Спосіб дає можливість одержувати вироби високої точності, що не вимагають подальшої механічної обробки. Іноді процес ведеться при підігріві, але нагрівання в цьому випадку невисокий - нижче температури рекристалізації.

Цим способом обробляють алюмінієві, цирконієві, титанові й інші сплави, деформація яких пресуванням у гарячому стані й сильно утруднена утвором окислів.

Пресування без прес залишок. При пресуванні утворюється деяка кількість не використаного металу у вигляді прес залишку та пресутяжек. Так, у виробництві прутків з берилію між прес шайбою і злитком закладають проміжну прокладку із графіту; пресування ведуть до кінця зливка, а графітова прокладка залишається у вигляді прес залишок.

Пресування без прес залишок також застосовують при безперервним пресуванні алюмінієвих виробів і інших сплавів.

Пресування прутків із «сорочкою» характеризується тим, що діаметр прес шайби багато менше діаметра контейнера. При цьому процесі метал зрізується прес шайбою і сорочка у формі тонкостінного циліндра залишається в контейнері. Усі поверхневі дефекти, які утворюються в заготовці або злитку в результаті вилівка або нагрівання перед пресуванням, залишаються в сорочці й разом із прес залишком ідуть у відхід, не потрапляючи у виріб. Сорочка повинна повністю віддалятися з контейнера після кожного пресування; а якщо ні, то сорочки, що залишилися частини, будуть запресовуватися в наступний виріб. Сорочка звичайно віддаляється із прес залишком, а її залишки - пресуванням, контрольної прес шайби.

Ізотермічне пресування проводять, як правило, для тендітних сплавів, зокрема на алюмінієвій основі, тому що при звичайнім пресуванні незначне підвищення температури сплаву або швидкості витікання приводить до утвору поверхневих тріщин на пресованих виробах. Температура сплаву в процесі

витікання може також зростати від припливу тепла, що виділяється в результаті роботи деформації при високій швидкості витікання.

Тому для створення умов пресування при постійному, температурно-швидкісному режимі процес ведуть так, щоб підвищення температури, від тепла деформації компенсувалося відповідним зниженням швидкості витікання.

Температурно-швидкісний режим, наприклад, регулюється застосуванням індуктора високої частоти, установлюваного навколо матриці й застосовують для виробництва тонких металевих ниток діаметром менш 0,25 мм із важкодеформуємих сплавів. У цьому випадку за виходом з матриці встановлюють пристосування, що подає інертний газ (аргон), що надходить безпосередньо на вихідний дріт. Таке пресування здійснюється також з намотуванням пресованого дроту на котушку.

Пресування у воду або інертний газ (рис. 2.19), застосовують, наприклад, при виробництві мідних труб, при цьому виріб по виходу з матриці надходить у камеру, розташовану над вихідною ринвою й заповнену інертним газом або в бак з водою. У результаті мідні труби виходять без окислів і не вимагають травлення. Таким способом пресують труби діаметром 50 мм і довжиною 70 м з товщиною стінки 2,5 мм. Труби відразу ж надходять на волочіння із самоустановлювальним оправленням на барабані, минаючи волочіння на ланцюгових станах. Вихідний стіл преса складається із системи лотків, заповнених водою або масляно-водною емульсією, загальною ємністю 13,5 м³. На рис. 2.19 показана схема пристрою відкриття водяного клапана в баку для пресування у воду. Охолодна вода подається з бака насосом у лоток за пресом, звідки через заслінку - кран у матриці вертається в бак; по шляху вода проохолоджується, проходячи через теплообмінник. Заслінка - клапан у матриці охороняє контейнер від влучення в нього рідини.

Пресування мідних труб у воду при веденні процесу з невідокремленої послуги прошивання пробкою дає можливість одержувати труби з ідеально чистою внутрішньою поверхнею, вільної від окислів, що не вимагає травлення перед подальшим волочінням; поліпшуються механічні властивості сплаву; технологічний процес значно коротше; знижується вартість їх обробки.

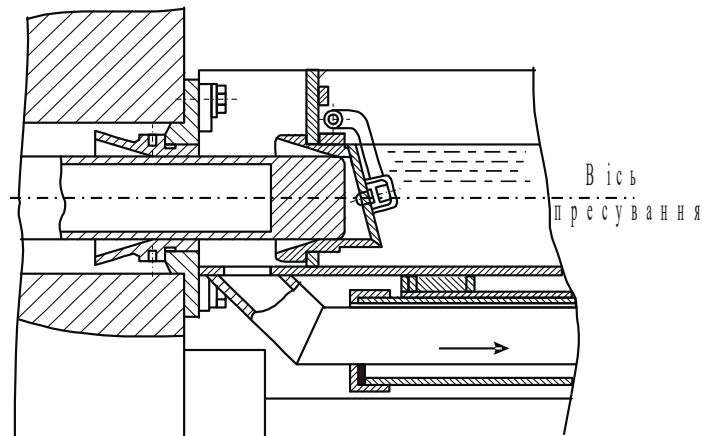


Рисунок 2.19 – Схема пристрою для пресування у воду

Методи пресування окремих виробів містить у собі приймання пресування сортового прокату незначної обмеженої довжини й окремих індивідуальних деталей.

Особливість різновидів процесів цієї групи — більш низька продуктивність по - порівнянню з методами пресування, описаними вище - для сортового прокату.

Однак високу продуктивність процесу можна одержати при автоматизації виробництва.

Зворотне пресування труб на пуансон застосовують при виробництві труб великого діаметра, як правило, 300 - 400 мм, в окремих випадках до 2000 мм.

У цьому методі матрицею служить контейнер; метал тече в напрямку, зворотному руху пуансона (рис. 2.20).

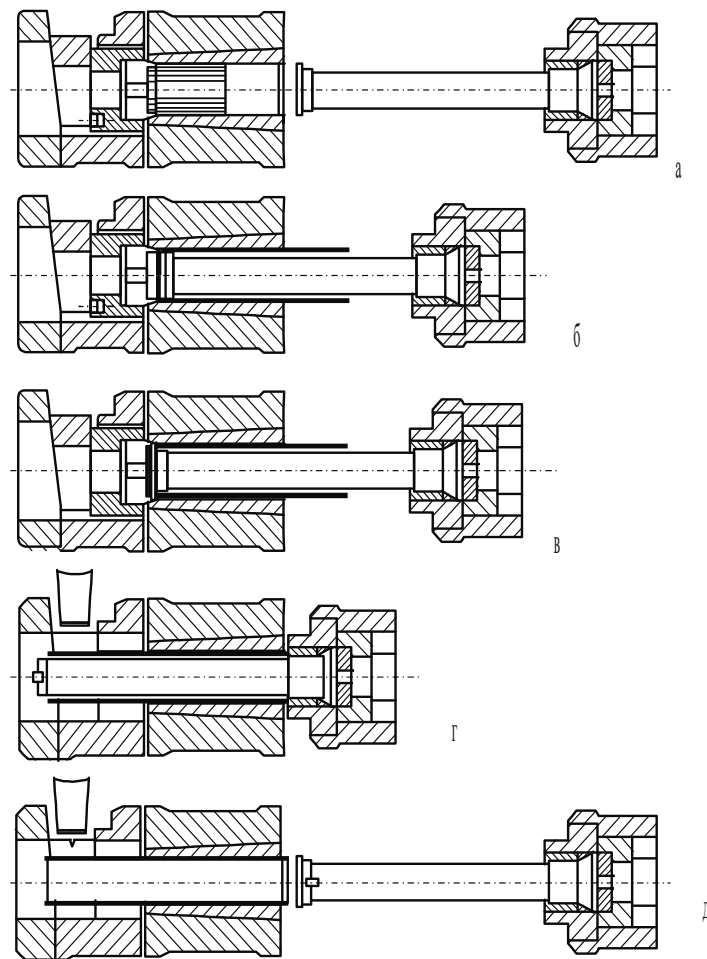


Рисунок 2.20 – Зворотне пресування труб на пуансон; а - перед пресуванням; б - труба на пуансоні; в - вирізка дна труби; г - переміщення труби вперед; д - виштовхування труби

Основна перевага методу зустрічного пресування труб - утворення порожнини виробу без втрати металу на пробку, що на трубах більших діаметрів дає значну економію й підвищує вихід придатного. Однак при цьому методі пресування

довжина труб обмежена довжиною пуансона, що обумовлює низьку продуктивність преса й уможливує застосування цього способу тільки для одержання труб діаметром більш 300 мм. Пресуванням зі зворотним витіканням з конічного контейнера вдається одержати трубу з конічним зовнішнім діаметром, причому діаметр зменшується від передньої частини труби до задньої.

Аналогічно цьому методу пресування на пуансон одержав дуже широке застосування спосіб ударного пресування. Цей спосіб застосовують у виробництві трубчастих склянок з тонкою стінкою із пластичних металів - свинцю, алюмінію й ін.

Пресування із протитиск застосовують для виготовлення виробів з високолегованих жароміцних сплавів, а також сплавів з тугоплавких металів, що відрізняються в більшості випадків мало пластичністю й крихкістю.

На рис. 21 показані пресовані заготовки з високолегованого сплаву, пресовані без протитиску (а) і із протитиском (б). При цьому необхідно відзначити, що чим нижче пластичність, тем вище повинне бути прикладений протитиск.

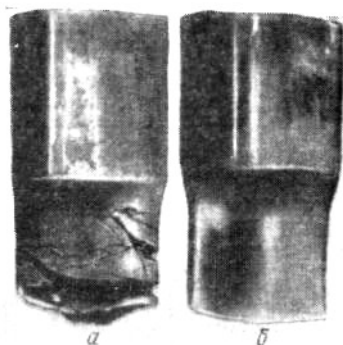


Рисунок 2.21 – Зовнішній вигляд пресованих прутків з непластичного сплаву отриманих без протитиску (а) і із протитиском (б)

2.3.2 Порівняння процесу пресування з іншими методами обробки металів тиском

Процес пресування металів у цей час є домінуючим методом одержання трубної, пруткової й профільної заготовки з кольорових металів. Однак труби, прутки, профілі можна одержувати не тільки пресуванням, але й іншими методами, зокрема прокаткою.

Пресування в порівнянні із прокаткою має наступні переваги.

1. Вид напруженого стану (в основному тривісний стиск), значно підвищує пластичність металу й дозволяє вести обробку з більшими ступенями деформації (високими витяжками до 50 -100, а для алюмінію до 1000, у той час як при прокатці за один прохід витяжка звичайно менше 2).

2. Більш швидкий перехід з виготовлення виробів одного розміру й форм на інші, чому, наприклад, при прокатці.

3. Можливість одержання суцільних і порожніх профілів самих складних конфігурацій постійного, а також і змінного або періодичного перетину по довжині профілю із заміною тільки матриці.

4. Можливість виготовляти виріб з металів і сплавів, що не піддаються або важко піддаються прокатці, тобто мало пластичних по природі металів і сплавів).

5. Зручність у виробництві малих серій, тому що перехід з одного розміру на іншій проходить швидко.

6. Більш низькі капітальні витрати, чому при прокатці.

7. Виробництво виробів з високою якістю поверхні й високою точністю розмірів поперечного перерізу, що в багатьох випадках перевищує прийнятну точність при пластичній обробці металу іншими способами (наприклад, при прокатці). Допуски по поперечних лінійних розмірах пресованих напівфабрикатів менше, чим катаних

Недоліки пресування:

1. Значно більш високі втрати на відходах, головним чином через прес залишок та прес утяжки.

2. Більша нерівномірність механічних властивостей по довжині й поперечному перерізу пресованого виробу.

3. Порівняно менші швидкості витікання й продуктивність процесу.

4. Порівняно високу вартість пресового інструмента.

Перераховані переваги й недоліки пресування в порівнянні із прокаткою обумовлюють застосування пресування у виробництвах - труб, прутків і профілів з металів і сплавів:

1. які не можуть бути отримані прокаткою;

2. складних форм поперечних перерізів з легкопресуємих металів і сплавів;

3. простих форм поперечних перерізів з легкопресуємих металів при великому сортаменті виробів і частих переходах з одного типорозміру на іншій;

4. виробів тонких перетинів, які не вдається одержати гарячою прокаткою, наприклад труб з товщиною стінки менш 1,25 мм, профілів з товщиною полиці 1,0 мм і менш і т.п.;

5. різних симетричних деталей, а також деталей з ексцентричними головками й фланцями, що виготовлялися раніше методами штампування.

У кожному окремому випадку при виборі способу виробництва виробів слід ураховувати його техніко - економічну доцільність.

2.3.3 Сортамент і якість пресованих виробів

Сортамент - це набір різних сортів, видів і розмірів яких-небудь однорідних виробів. Число різновидів прес-виробів з різних металів і сплавів суттєво залежить від властивостей конкретних пресуємих металів і від потреби промисловості в прес-виробах з того або іншого сплаву.

Однакові за формою прес-виробу можуть мати різні розміри.

Існують різні підходи до класифікації прес-виробів. У якості ознаки, по якій роблять класифікацію, вибирають, наприклад, форму його поперечного перетину (суцільними, порожніми, прутки, профілі, труби).

Профілі суцільного перетину в цей час виготовляють із розмірами площі поперечного перетину $200 - 150 \times 103 \text{ мм}^2$ і з габаритними розмірами, які вписуються в окружності діаметром 10 - 1000 мм. Максимальна довжина прес-виробів, як правило, не перевищує 40 м, хоча є процеси безперервного пресування, що дозволяють одержувати профілі значно більшої довжини.

Мінімально можлива товщина стінки пресованого; профілю з алюмінієвих сплавів рівна 0,8 мм, з мідних 1,5мм і сталей і титанових сплавів 1,5. мм.

2.3.4 Вимоги до якості

Залежно від призначення прес-виробів при контролі якості визначають наступні характеристики і їх відповідність технічним вимогам: геометричні розміри; якість поверхні; стан структури, рівень механічних властивостей, якість звареного шва.

До геометричних характеристик профілю ставляться також:

- а) поздовжня кривизна, обумовлена величиною стріли прогину між опорними крапками профілю (при укладанні його на контрольну плиту);
- б) скрутка навколо поздовжньої осі профілю.

Вимір геометричних параметрів профілю звичайно проводять за допомогою універсальних вимірювальних засобів - мікрометра, штангенциркуля, кутоміра й деяких інших, і рідше - за допомогою шаблонів або калібрів.

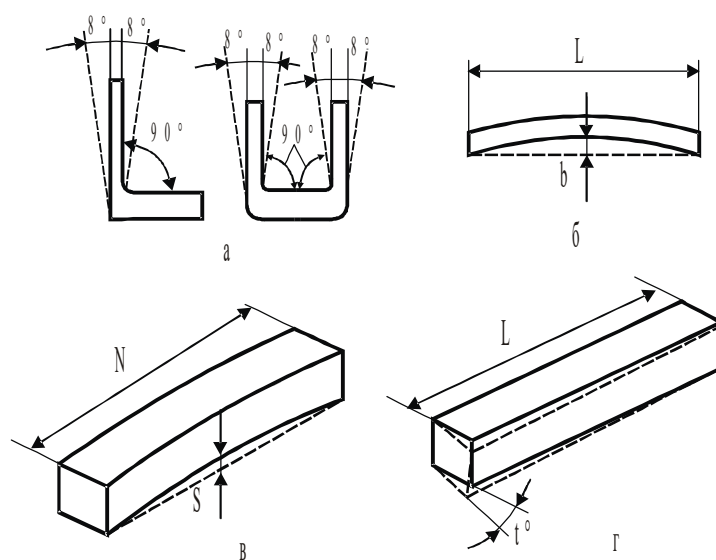


Рисунок 2.22 – Типові порушення заданих розмірів профілю: а - вплив куткових розмірів; б – профільна кривизна, мм: L – довжина профілю; b – поперечна кривизна S ; N - ширина профілю, мм; г - скрутка

На точність розмірів впливають:

- 1) правильність визначення розмірів каналу матриці при її проектуванні й особливості виготовлення;
- 2) зміна розмірів каналу матриці під впливом силових, температурно-швидкісних і інших технологічних умов пресування, а також абразивного зношування;
- 3) нерівномірність швидкостей витікання, різних елементів, перетину профілю при одно каналному пресуванні, і окремих профілів при багатоканальному
- 4) умови коректування (доведення) каналу матриці на пресі після їхнього виготовлення;
- 5) умови експлуатації матриць;
- 6) конструкція преса і його стан, насамперед співвісність контейнера й матричного вузла.

2.3.5 Якість поверхні

Формування поверхні прес-виробів відбувається в особливих умовах: ця поверхня в сотні й тисячі раз перевищує поверхня заготовки.

Основні дефекти поверхні прес виробів - ризики, подряпини, надриви, надири й крапкові налипли частки металу.

На стан поверхні прес-виробів впливають наступні фактори:

- 1) хіміко-термічна обробка матриці;
- 2) конструктивні особливості і якість поверхні паска, що калібрує;
- 3) силові й швидкісний[^]-швидкісні-температурно-швидкісні умови пресування;
- 4) величина витяжки;
- 5) форма поперечного перетину профілю й ступінь його відповідності поперечному перерізу заготовки;
- 6) якість поверхні заготовки;
- 7) наявність або відсутність різних речовин на границі контакту пари, оброблюваний» метав - інструмент (змащення, оксиди й ін.);
- 8)) хімічний склад і структура сплаву, зокрема схильність до адгезії з матеріалом матриці.

Важливо мати не тільки високоякісну поверхню профілю, що виходить безпосередньо з матриці, але й зберегти її на всіх наступних операціях обробки аж до впакування готової продукції

Найбільш важливі умови збереження гарної поверхні прес - виробів наступні:

- організація потокового виробництва,
- наявність тягнучого пристрою на столі преса, що дозволяє витягати й звістки прес - виріб по столу преса при одно - і багатоканальнім пресуванні;
- створення таких транспортних передавальних пристроїв, на яких були б виключені контакти прес - виробів з деталями механізмів, що викликають утвір дефектів.

Якість зовнішньої й внутрішньої поверхні пресової продукції при її технічній прийманні звичайно оцінюють візуально, а також різними профілометрами, вимір коефіцієнта відбиття від поверхні світла.

2.3.6 Внутрішні дефекти

Структурна неоднорідність: прес - утяжки, міхури, плівки, різні включення, розшарування й тріщини, які в основному залежать від металургійних факторів.

Основним методом контролю візуальний огляд макротемплетів - метод руйнуючого контролю.

До методів не руйнуючого контролю відносять метод вихрових струмів або ультразвуку в потокову лінію обробки профілів.

2.3.7 Рівень механічних властивостей прес - виробів

Механічні властивості прес-виробів з різних металів і сплавів визначаються багатьма факторами: зміною хімічного складу в межах ДЕРЖСТАНДАРТ, якістю вихідних литих заготовок, температурою й ступенем деформації, інтенсивністю контактного тертя, режимами термомеханічної обробки відпресованих виробів.

Рівномірна дрібнозерниста структура прес-виробу, основа одержання високих поздовжніх міцних властивостей, а також вузького, інтервалу. значень властивостей по довжині прес-виробу.

2.3.8 Типова технологічна схема виробництва пресованих напівфабрикатів

Типова технологічна схема процесу виробництва прес-виробів складається з наступних операцій: підготовка заготовок до пресування; підготовка інструмента; пресування; обробка напівфабрикатів; підготовки пресової установки до наступного циклу пресування.

Підготовка заготовок до пресування

Найбільш типові операції: різання заготовки на мірні довжини залежно від довжини контейнера преса; механічна обробка поверхні заготовки; нагрівання заготовки перед пресуванням.

Різання заготовки на мірні довжини роблять у холодному стані пилками різних конструкцій, а також у гарячому стані на спеціальних ножицях зі сферичними ножами.

Механічну обробку (для поліпшення поверхні зливків) здійснюють або обточуванням на токарських верстатах, або скальпуванням.

Нагрівання проводять у різних печах: електричних опору, індукційних, газових методичних, соляних ваннах.

У якості заготовки використовують литі заготовки (зливки) і заготовки після попередньої пластичної деформації, тобто качані, ковані, пресовані.

Процес пресування

До операцій процесу пресування ставляться: передача нагрітої заготовки в робочий простір преса; установка заготовки перед матрицею на спеціальному пристрої, що подає; переміщення контейнера в напрямку зливка до зіткнення з матрицею; проведення процесу видавлювання (пресування) за допомогою руху прес-штемпеля в напрямку до матриці; зупинка процесу й відвід прес-штемпеля й контейнера від матриці; відділення прес-залишку від матриці.

Будь-який процес пресування характеризується наступними параметрами: енергетичними (тиск пресування, зусиллям і потужністю); температурно - швидкісними (температура нагрівання заготовки й контейнера, розподіл у них температурних полів перед пресуванням і в процесі його; кінематичними (плин металу в контейнері при пресуванні).

Усі ці параметри зв'язані між собою й впливають один на одного.

Пресовий інструмент.

До складу пресового інструмента входять: матриця, контейнер, прес-шайба, підбивка під матрицю, тримач матриці проводка, що направляє.

При пресуванні труб або при прошиванні заготовок використовують, крім того, голку й оправлення.

2.4 Загальні питання технології волочіння

Волочіння це процес обробки металів тиском, при яким виробу (заготовки) круглого або фасонного профілю (поперечного перетину) простягаються через отвір (фільтеру, волоку), перетин якого менше перетину заготовки, у результаті чого поперечний переріз вихідної заготовки змінюється (зменшується). Ця зміна може відбуватися однократно або багаторазово, надаючи виробу різні конфігурації.

Для протягання профілів використовують волоки (фільтери) з конічним вхідним конусом, що й калібрує циліндричним паском (рис. 2.23).

Способом волочіння можна одержати різні конфігурації виробів: прутки, дріт (виробництво металевих виробів), труби (трубне виробництво) і інше (матеріали спеціального призначення).

Схеми основних різновидів процесу волочіння показані на рисунку 2.24.

Принципи волочіння засновані на законах пластичної деформації й зв'язані із властивостями металів, сплавів і інших не металевих матеріалів.

Широке застосування волочіння знайшло в металургійній, кабельній і машинобудівній промисловості. Цим методом одержують дріт з мінімальним діаметром порядку 0,002 мм, прутки діаметром до 100 мм (і не тільки круглого перетину), тонкостінні труби невеликого діаметра.

Волочіння застосовується для обробки сталі різного хімічного складу, і практично всіх кольорових металів і їх сплавів.

Типовим є пресування заготовки, прокатка на стані ХПТ, а потім - волочіння.

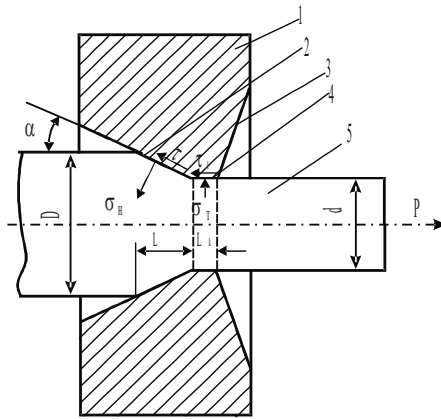


Рисунок 2.23 – Схема процесу волочіння: 1- волока; 2- вхідний конус; 3- вихідна розпушка; 4 - пасок, що калібрує; 5 – поволока; (Р - сила волочіння; D – вихідний дріт; d – діаметр дроту після волочіння; α напівкут вхідного (робітника) конуса волоки; l - довжина ділянки вогнища деформації; l_k - довжина паска, що калібрує; σ_n - напруга волочіння

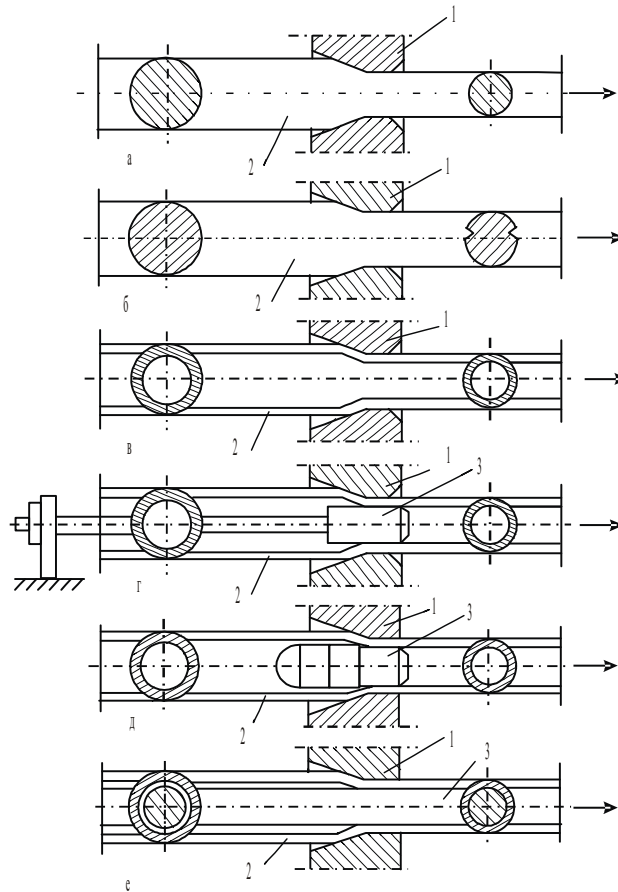


Рисунок 2.24 – Схеми основних різновидів процесу волочіння: а – круглого суцільного профілю; б- не круглого суцільного профілю; в – круглої труби, без оправлення; г – круглої труби, на закріпленім оправленні; д- круглої труби, на самоустановлювальній (плаваючій) оправленні; е – круглої труби, на рухливім оправленні; 1- волока; 2 – отвір, що простягається; 3 – оправлення.

Вибір методу волочіння визначається розмірами й вимогами до готового виробу, маркою оброблюваного металу або сплаву, можливостями встаткування і т.д.

Більш конкретне волочіння застосовується:

1. Для виробництва профілів великої довжини, але порівняно малих і дуже малих перетинів різних форм із відношенням ширини до товщини поперечного перетину, що не перевищують приблизно 12. Такий виріб називається *дротом*.

Внаслідок великої довжини дрiт або згортають у мотки, або намотують на котушки. Волочінням можна одержати дрiт діаметром до 6 - 8 мм. Для подальшого уточнення доводиться застосовувати процеси, що не вимагають волок, наприклад процес рівномірного розтягання.

2. Для виробництва профілів середніх і більших перетинів різних форм із відношенням ширини до товщини поперечного перетину, що не перевищують приблизно 20, а також і в тому випадку, коли потрібно одержати перетин з мінімально можливими відхиленнями від заданих розмірів або чисту й гладку поверхню. Такі профілі звичайно простягають до невеликої довжини (5 - 6 м).

3. Для виробництва порожніх профілів (труб) різних форм і перетинів і, особливо, тонкостінних. Волочінням одержують трубки діаметром до 0,5 мм і менш.

Волочіння надає виробам висока якість поверхні, високу точність розмірів поперечного перетину. Якщо призначення волочіння полягає в досягненні саме цих характеристик, то процес називають *калібруванням*.

Волочіння дроту й прутків значно економічніше інших способів; при волочінні відсутні втрати металу в стружку, характерні для обробки різанням. У порівнянні з гарячою прокаткою волочіння також має переваги: можна одержувати однорідні тонкі профілі з великою точністю форми й розмірів поперечного перетину, при цьому забезпечується висока якість поверхні дроту й більш високі механічні властивості.

У якості заготовки для волочіння застосовується продукція прокатного виробництва – катанка (лита заготовка певного перетину). Найпоширеніший розмір катанки – 5,5 - 6,5 мм.

Для виробництва алюмінієвого, мідного й іншого дроту як вихідної заготовки використовують катанку, одержувану безпосередньо із плавильної печі через кристалізатор і безперервний прокатний стан.

Дрiт знаходить саме широке застосування у всіх галузях промисловості, сільським господарстві й інших сферах життя й діяльності людини у вигляді як готових виробів (електричні й телеграфні проведення, дрiт для армування залізобетонних конструкцій промислового й цивільного призначення, обв'язувальний і пакувальний матеріал та ін.), так і напівфабрикату для виробництва цілого ряду металовиробів: сталеві канати, зварені й ткані сітки, цвяхи, шурупи, деталі машин, дротово - кабельні вироби, для армування автомобільних шин (бортовий дрiт), рукавів високого тиску, здійснення зварювальних операцій (зварювальний дрiт, електроди). Останнім часом

починає розвиватися напрямок армування будівельних матеріалів дротом (фібра) і ін.

Дріт виготовляють у різноманітному асортиментах із всляких чорних і кольорових металів і сплавів, з різними механічними й фізико-хімічними властивостями. Для кожного виду й розміру дроту потрібна певна технологія виготовлення й відповідне встаткування.

Іншим важливою областю виробництва при застосуванні волочіння є виробництво труб.

Якість готової продукції визначається властивостями вихідного металу (матеріалу), а також зміні їх у процесі переробки.

Основні властивості металів визначаються фізичними, хімічними й механічними характеристиками.

Процес волочіння прийнято характеризувати наступними основними геометричними показниками: витяжка; інтегральна деформація подовження; відносне обтиснення; відносне подовження.

Щоб зменшити зовнішнє тертя, між поверхнями металу, що простягається, і волочильного каналу вводять змащення. Це зменшує витрата енергії на волочіння, сприяє одержанню в металу, що простягається, гладкої поверхні, сильно зменшує зношування самого каналу й дозволяє проводити процес із підвищеними ступенями деформації.

У більшості випадків метал, оброблюваний волочінням, попередньо не нагрівають (холодне волочіння), а тепло, що утворюється в каналі, деформації й весняного тертя приділяється навколишнім середовищем або охолодними емульсіями, водою, маслами, безупинно омиваючими волоку.

Форма поперечного перетину каналу однакова або близька до форми поперечного перетину металу, що простягається. Перетин каналу плавно зменшується від місця входу металу в інструмент до місця виходу з нього. Вихідний перетин каналу завжди менше поперечного перетину заготовки, що простягається. Тому заготовка, проходячи через волоку, деформується, поперечний переріз її змінюється, і вона після виходу з волоки ухвалює форму й розміри найменшого перетину каналу. Довжина штаби при цьому зростає прямо пропорційно зменшенню поперечного перетину.

Перед волочінням на спеціальних верстатах загострюють передній кінець заготовки, призначеної для обробки, з таким розрахунками, щоб цей кінець легко входив у волоку до частково виходив з її протилежної сторони. Цей кінець захоплюють спеціальним тягнучим механізмом.

При волочінні порожніх профілів з стоншенням стінки волочильний канал утворюється волокою і оправленням, яке може бути закріпленої, рухливий і вільної - самоустановлювальної.

У деяких спеціальних випадках, коли деформуємий метал у не нагрітому (холодному) стані має недостатню в'язкість або високий опір деформації, волочіння ведуть із попереднім підігрівом. Наприклад, при волочінні цинкового дроту для збільшення в'язкості заготовки її попередньо підігрівають до 80 - 90°C, занурюючи моток у нагріту воду. У деформаційній зоні температура

дроту доходить до 120 - 150°C, тобто до температури, при якій у цинку утворюється максимальне число систем ковзання.

При волочінні важко деформуємих сталей, наприклад швидкорізальної, сталей мартенситного класу типу ВНС-2, ВНС-5, а також титанових сплавів попереднє нагрівання доводять до 500 -700°C. При волочінні вольфраму й молібдену, що відрізняються в холодному стані особливо високим опором пластичної деформації, їх попередньо нагрівають до 800 - 900°C.

Нагрівання здійснюють, пропускаючи, що простягається метал через нагрівальну камеру, установлену перед волокою (рис. 2.25), електроконтактним способом і т.д.

Іноді волочіння ведуть із попереднім охолодженням металу до мінус 100°C и нижче, наприклад, при волочінні дроту з деяких сталей аустенітного класу для збільшення її міцності.

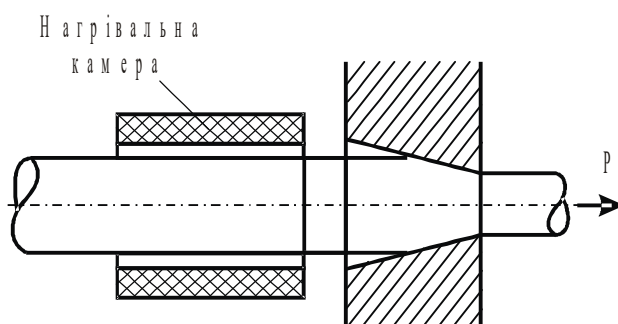


Рисунок 2.25 – Схема процесу волочіння з попереднім нагріванням

Застосовують волочіння з вібрацією волоки й металу й застосуванням ультразвуку. У деяких випадках такий процес приводить до значного поліпшення деформаційних умов.

Усе способу волочіння характеризуються трьома особливостями, що відрізняють їх від інших видів обробки металів тиском:

А) лінійні розміри перетину металу, що простягається, зменшуються до заданих величин у всіх напрямках одночасно;

Б) можливість одержання суцільних і порожніх профілів з довільною конфігурацією поперечного перетину, що не змінюється по довжині профілю;

В) величина деформації за один перехід обмежується максимально допустимим напруженням розтягання, що виникають у поперечному перерізі металу, що простягається, у виходу з деформуємої зони.

2.5 Класифікація машин для волочіння

Операція волочіння проводиться на волочильних станах, що полягають із двох основних елементів: робочого інструмента (волоки); тягнучого пристрою, що повідомляє оброблюваному металу рух через волоку.

Волоочильні машини класифікують: за принципом волочіння; розташуванню тягнучих шайб і барабанів; числу волок; системи керування; числу дротів, що одночасно простягаються (рис. 2.26).

Обертання від двигуна до тягнучого пристрою передається через редуктор. При волоочильному стані є ряд допоміжних пристроїв для механізації й автоматизації виробництва.

Залежно від принципу роботи тягнучого пристрою волоочильні стани підрозділяються на: стани із прямолінійним рухом оброблюваного металу; стани з намотуванням оброблюваного металу (барабанні).

Волоочильні стани із прямолінійним рухом оброблюваного металу застосовуються для одержання прутків і труб, барабанні - для волочіння дроту й металу інших профілів, що змотується на бунти.

Барабанні волоочильні стани підрозділяються на: однократні - з одним провідним (тягнучим) барабаном, у яких волочіння металу проводиться через одну волоку; багаторазові - з декількома барабанами, у яких метал одночасно зазнає волочіння через ряд послідовно встановлених волок.

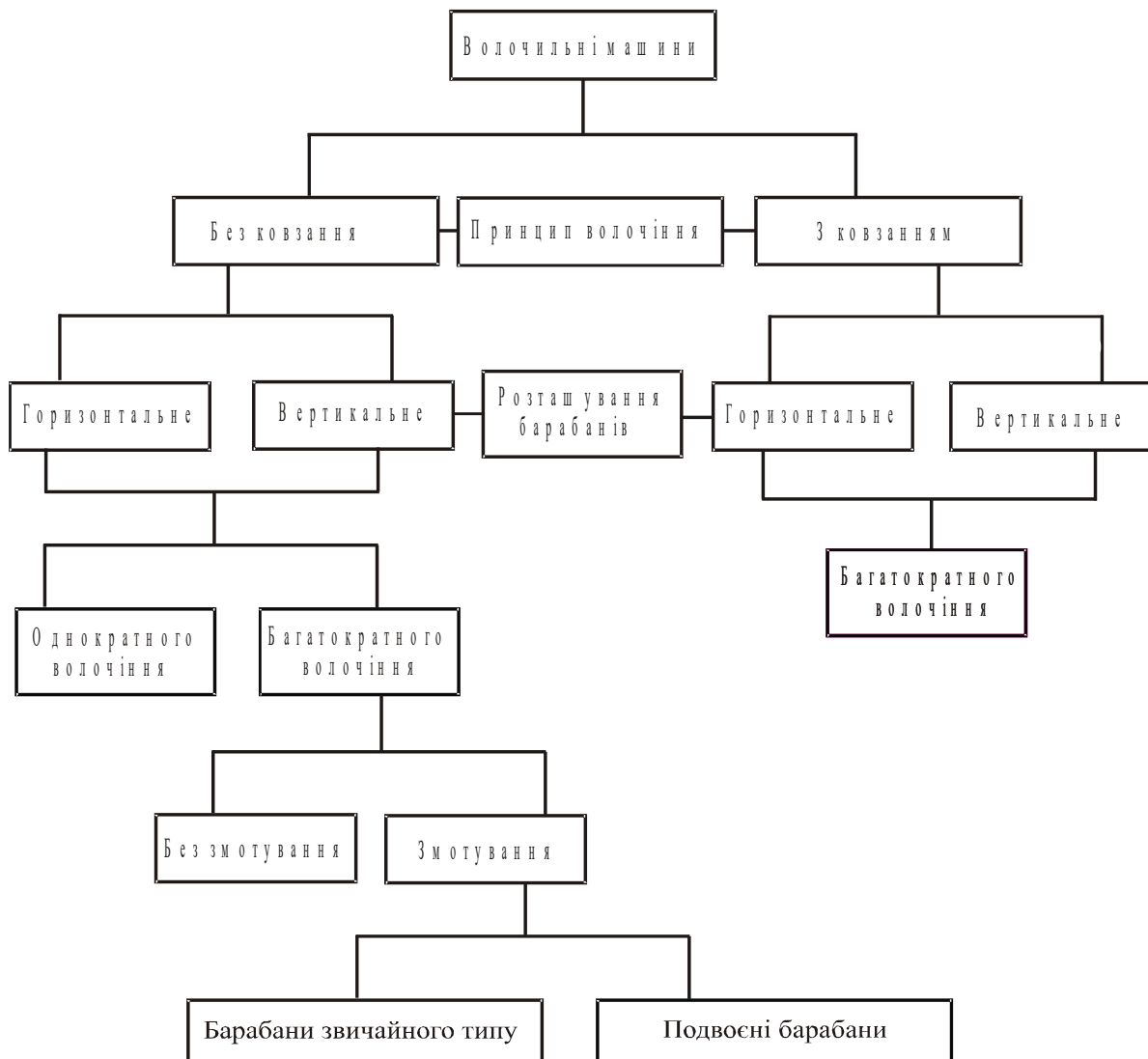


Рисунок 2.26 – Схема класифікації волочильних машин

2.6 Види волочіння і машини для волочіння

Волочильні машини розділяють по загальних ознаках на ряд груп:

1. діаметру дроту, що простягається;
2. кратності волочіння переходів (однократні й багаторазові);
3. діаметру чистового (пребагато) барабана;
4. принципу роботи (без ковзання, з ковзанням)
5. кінематиці обертання барабана (з індивідуальним приводом і із груповим приводом);
6. чистоті обробки: чорнові (заготівельна) і чистові (заключна);
7. по наявності напрямних роликів (з напрямними роликками й без них);
8. типу тягових барабанів (вертикальною віссю; горизонтальною віссю, циліндричними тяговими шківками);
9. положенню волок у процесі волочіння (нерухомо закріпленими волоками, переміщенням волок волоками, що обертаються);
10. паралельності обробки (однониткове, багатониткове);
11. по агрегатному стану змащення (сухе та на рідкому мастилі);
12. температурі волочіння (при звичайній температурі, при підвищеній температурі, із пристроями для гарячого волочіння й пристосуваннями для волочіння при температурі нижче нуля);
13. намотувальному пристрою (намотуванням на барабан і на котушку);
14. автоматизації керування й механізації робіт на стані (високим, середнім і низьким рівнем автоматизації й механізації) і ін.

На рисунку 2.27 представлена найпоширеніша схема волочильної машини (стану).

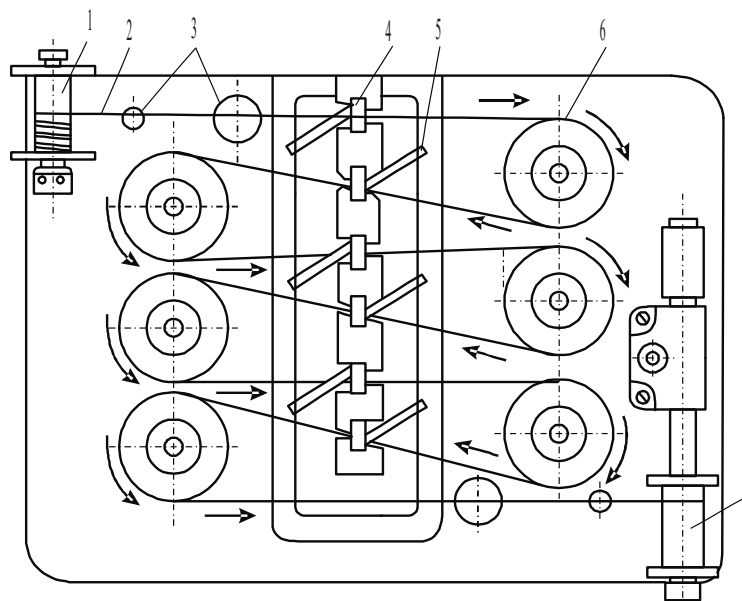


Рисунок 2.27 – Схема волочильного стану (вид зверху): 1- котушка, що подає; 2- калібруємий дріт; 3- напрямні; 4- фільтри (волокни); 5 – трубки для подачі рідкого змащення; 6 – ролики, що подають; 7 – прийомна котушка

На рисунку 2.28 представлені волочильні машини за принципом роботи: одиночного волочіння, одинарного барабана, зі здвоєним барабаном і зі східчастим барабаном.

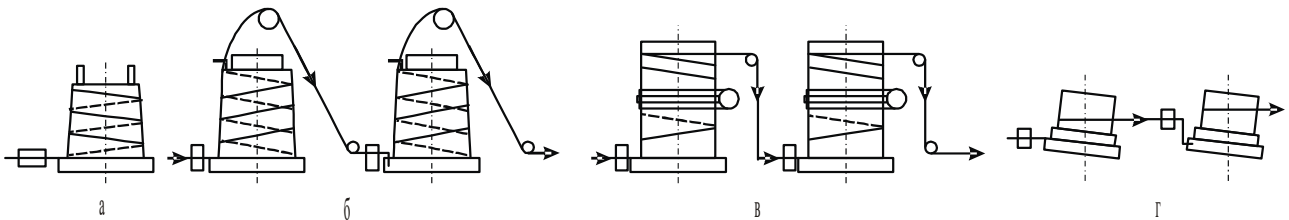


Рисунок 2.28 – Принцип роботи волочильних машин: а - одинарне волочіння; б - з одинарним барабаном; в - зі здвоєним барабаном; г - зі східчастим барабаном

Однократним (одинарним) називається волочіння, при якому дріт простягається тільки через одну волоку, повністю намотується на волочильний барабан і потім готовим мотком передається на наступний барабан, де протягання повторюється (рис. 2.29).

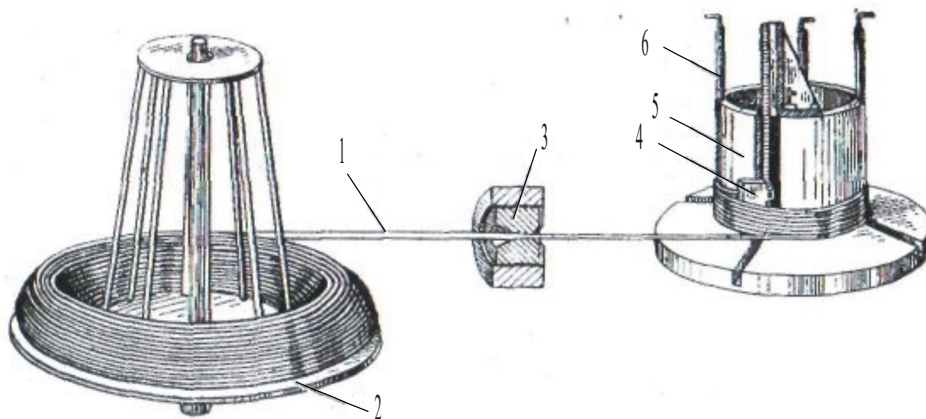


Рисунок 2.29 – Принцип однократного волочіння: 1 - дріт; 2 - розмоточна фігурка; 3 - волока; 4 - кліщі; 5 - барабан; 6 - спиця

Моток дроту (1), підметів волочінню, надягають на розмотувальний пристрій (2), кінець дроту після загострення простягають через отвір волоки (3) витяжними кліщами, які пов'язані з обертовим барабаном. Після намотування декількох витків дроту зупиняють барабан, знімають кліщі, закріплюють кінець дроту за спицю барабана й включають робочу швидкість волочіння. При нагромадженні певного кількості дроту барабан зупиняється моток, що й вийшов, знімають.

На рисунку 2.30 показаний загальний вид однократної волочильної машини (стану).

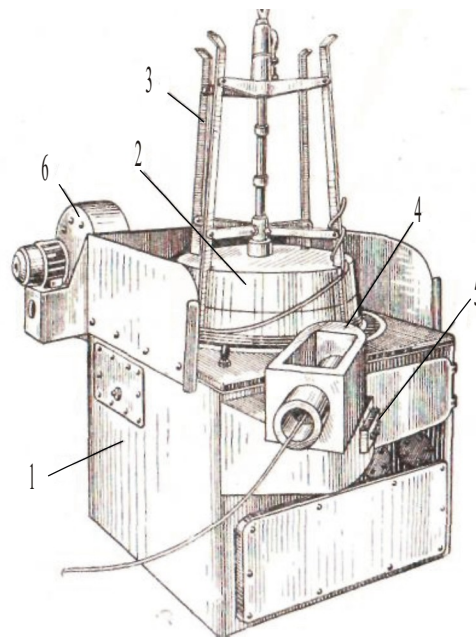


Рисунок 2.30 – Машина однократного волочіння: 1- станина; 2- барабан; 3 - знімач; 4 - мильниця з волоко тримачем; 5- кнопки керування; 6 - вентилятор для охолодження.

Витки протягнутої на цій машині дроту під дією власної маси (ваги) подають на спеціальний прийомний пристрій. Зупинка машини необхідна лише при змінах волок і прийомного пристрою. Більшою перевагою такої машини є порівняно швидке охолодження дроту завдяки тому, що вона не затримується на барабані.

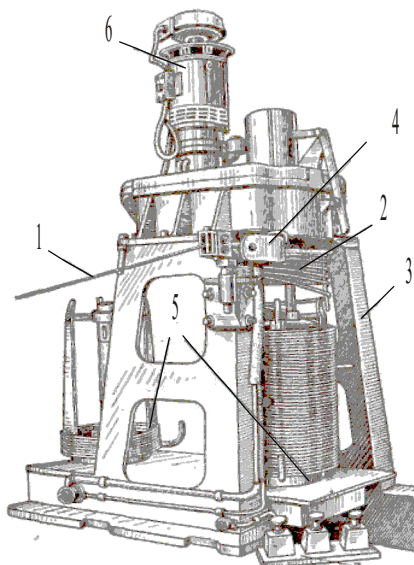


Рисунок 2.31 – Однократна волочильна машина з переверненим барабаном: 1 - дріт, що простягається; 2 - барабан; 3 - станина; 4 - мильниця та

волокно тримачем; 5 - прийомний пристрій (робоче і запасне); 6 - привод; 7 - педалі керування

Однієї з основних частин однократної й багаторазової машин є барабан. Їм передається дроту сила волочіння, на ньому створюється необхідний запас дроту. Важливе значення має профіль барабана. Він повинен забезпечити безперервне (без набігань) переміщення дроту, що простягається, нагору по поверхні, якщо барабан вертикальний, або по горизонталі, якщо барабан розташований горизонтально.

Робоча частина барабана, що сприймає більші навантаження, повинна мати високу твердість. Для роботи із запасом витків дроту габарити барабанів збільшують спицями. Іноді барабан виконують для цього із суцільною конусною частиною. Робочу частину волочильного барабана виготовляють полою, щоб полегшити його й забезпечити водяне охолодження. Усі допоміжні механізми й пристосування однократних машин аналогічні наявними в багаторазових машин.

Однократне волочіння найчастіше застосовують при калібруванні товстого дроту, при волочінні важко деформуємої і фасонного дроту, а також при теплих волочінні з підігрівом металу.

При багаторазовім волочінні, дріт простягається одночасно через трохи волок (рис. 2.32) барабанів і волок може бути 15 і більш. Моток дроту на цих машинах у кожний даний момент часу обробляється в декількох волоках.

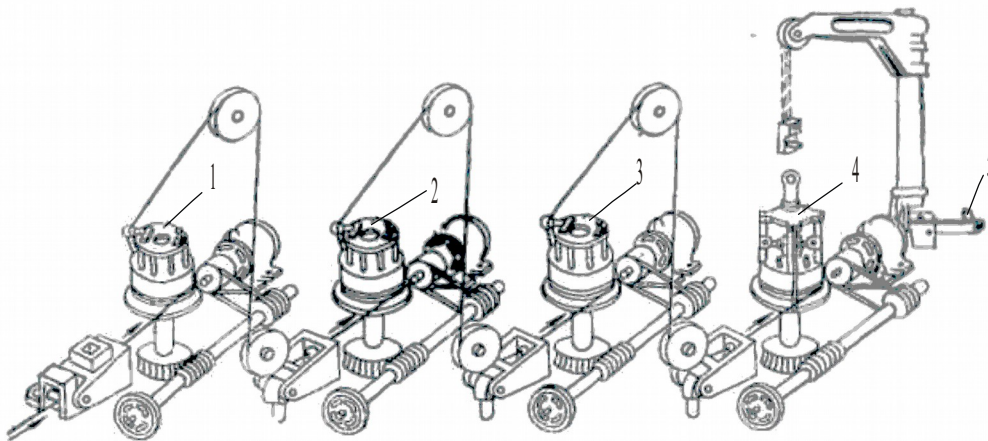


Рисунок 2.32 – Принцип багаторазового волочіння: 1 - 3 – проміжні барабани; 4 – чистовий барабан; 5 – знімач

Застосовуються волочильні машини із груповим і індивідуальним приводом. Індивідуальні приводи забезпечують більші можливості для вибору різних одиничних обтисень. Вони збільшують діапазон регулювання швидкостей, але здорожують вартість машини.

Перевага багаторазового волочіння пов'язане з механізацією передачі дроту на наступне протягання й можливості підвищення швидкості волочіння

на вихідному барабані при помірній швидкості сходу дроту з розмотувальної фігурки. Крім того, при правильно обраній кратності волочильної машини полегшує праця й підвищується його продуктивність. При багаторазовім волочінні поліпшуються умови волочіння; наприклад, не порушуються умови змащення, спостережуване при однократнім волочінні в процесі передачі дроту з барабана на барабан. Виробництво тонкого, найтоншого й що найтоншого дроту доцільно тільки на багаторазовім устаткуванні.

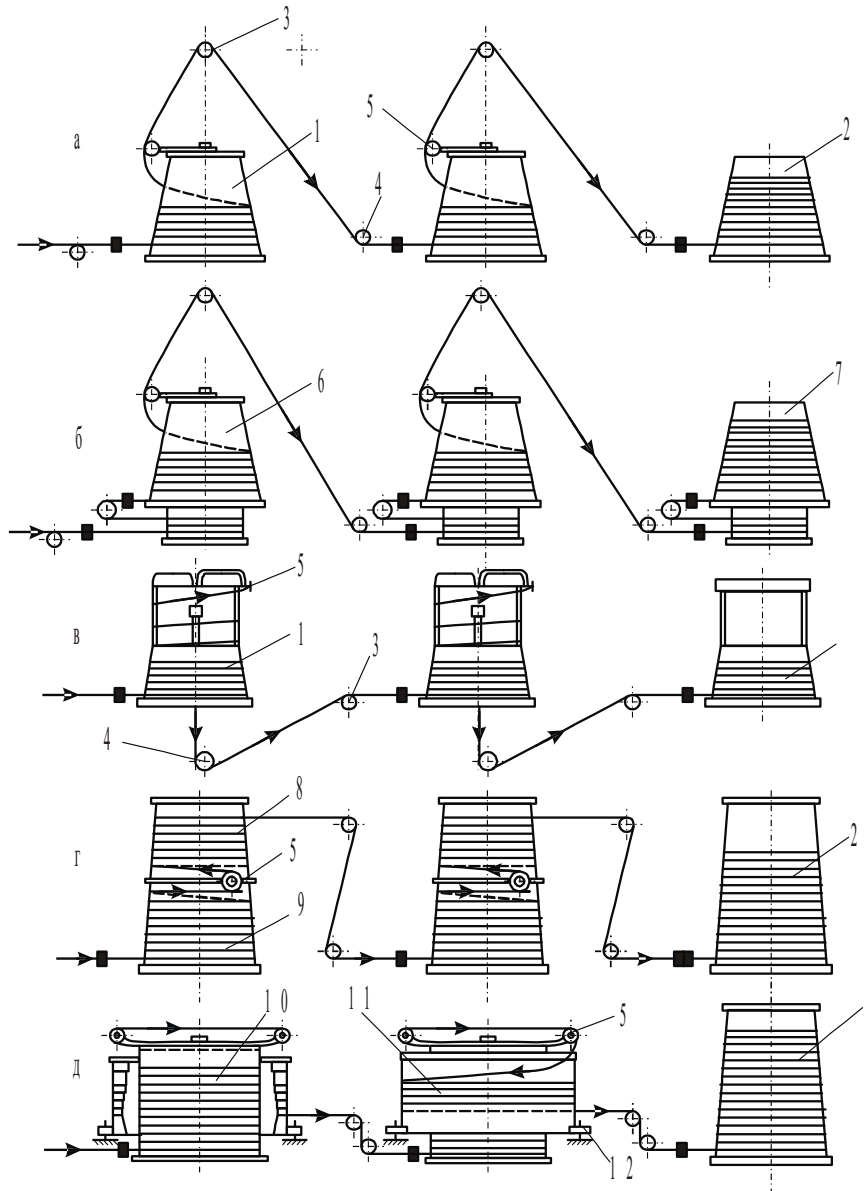


Рисунок 2.33 – Схеми машин багаторазового волочіння магазинного типу: а - з одинарними барабанами звичайного типу: б – із двоступінчастими барабанами: в – з барабанами, що мають внутрішній порожній вал для проводки дроту; г- зі здвоєними двох'ярусними барабанами: д – зі здвоєними зовнішніми й внутрішніми барабанами; 1 – проміжний барабан; 2 – чистовий барабан; 3- напрямний ролик; 4 – низький напрямний ролик; 5 – повідковий пристрій; 6 – проміжний двоступінчастий двоступеневий барабан; 7 – чистовий

двоступінчастий барабан; 8 – верхній барабан; 9 – нижній барабан; 10 – внутрішній барабан; 11 – зовнішній барабан; 12 – опорні ролики

Схеми різних багаторазових волочильних машин магазинного типу показані на рисунку 2.33. Вони відрізняються друг від друга конструктивним виконанням волочильних барабанів і деяких вузлів, але характеризуються загальною ознакою роботи. Завдяки певному запасу дроту на проміжних барабанах і спеціальним повідковим пристроям кожний барабан машини в будь-який момент часу протягом усього циклу волочіння одержує необхідну кількість дроту, що залежить від фактичного перетину каналу волок. Таким чином, природне зношування каналу волоки й пов'язане з ним зміна витяжок (одиничних обтиснень) компенсується зміною запасу витків дроту на проміжних барабанах.

Машини магазинного типу можна уявити собі як ряд однократних станів з, що збільшується в певній послідовності швидкостями барабанів, у яких кожний попередній є як би розмотувальною фігуркою із запасом дроту для наступного барабана.

На рисунку 2.33, а наведена схема найпоширенішої конструкції волочильної машини магазинного типу. Зовнішній вигляд такої машини показаний на рисунку 2.34. Заготовка простягається через волоку й намотується на барабан, на якому створюється певний запас витків дроту (до 1/3 барабана). Далі через повідковий пристрій, верхній і нижній напрямні ролики дріт надходить у волоку наступного барабана; потім це ж саме повторюється на наступних барабанах

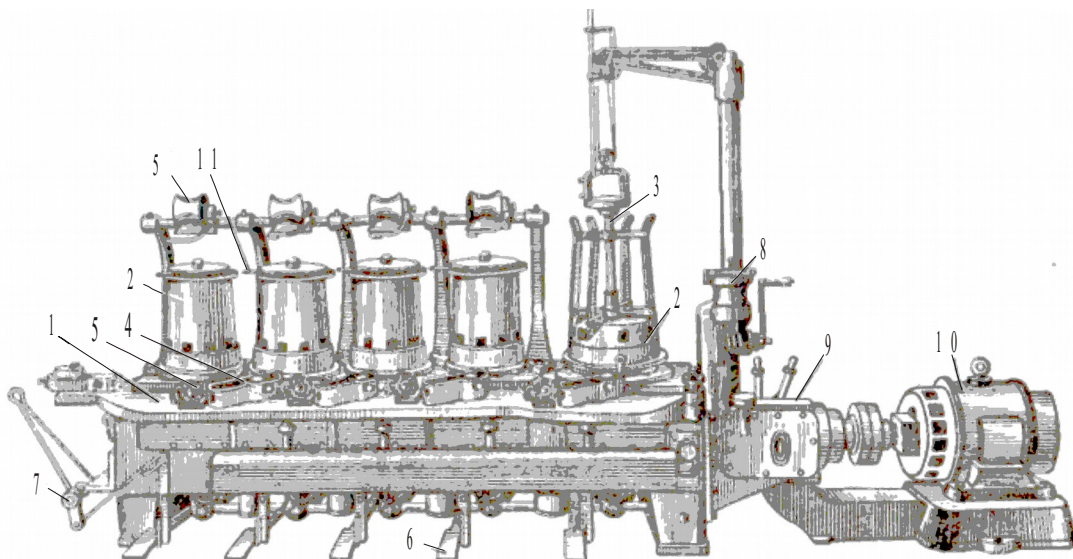


Рисунок 2.34 – Машина 5/350 багаторазового волочіння: 1 - станина; 2 - барабан; 3 - знімач; 4 - мильниця з волоку тримачем; 5 - напрямні ролики; 6 - педаль включення й вимикання; 7 - відмикач при заплутуванні мотка; 8 - знімний пристрій; 9 - коробка швидкостей; 10 - двигун; 11- повідковий пристрій

Широке поширення одержали машини, що полягають із окремих блоків з індивідуальним приводом кожного барабана. Такі «блокові» машини легше, чим звичайні транспортувати, монтувати й обслуговувати при ремонті. На рис. 13 зображена машина із трьома блоками. Кількість блоків у машин з діаметром барабана 350 мм становить 5 – 8; а в машин з діаметрами барабанів 500 – 600 мм їх число коливається від 2 до 6.

Широке поширення одержали машини магазинного типу із двоступінчастими барабанами (рис. 2.33 б). Обидві щаблі барабана, обертаючись на одному валу з однаковим числом обертів, через різні діаметри барабанів мають різні окружні швидкості, що забезпечує постійну кінематичну витяжку. Двоступінчасті волочильні барабани вигідно відрізняються від одноступінчастих барабанів тим, що при рівній виробничій площі й незначно більших первісних витратах дозволяють застосовувати обтиснення у два й більше рази. При цьому питома витрата електроенергії за один перехід менше на 10 - 20 %, чому при волочінні на одноступінчастих барабанах. У першому випадку втрата потужності в передачі (редуктор, клиноремінна передача і т.д.) розподіляється на два переходи, у другому випадку - на один.

Машина для волочіння дроту, принципова схема якої показана на рисунку 2.33, в, відрізняється від двох перших системою проводки. Проводка дроту на цьому стані закрыта, вона трохи важче звичайної, але ймовірність травмування при такій проводці менша.

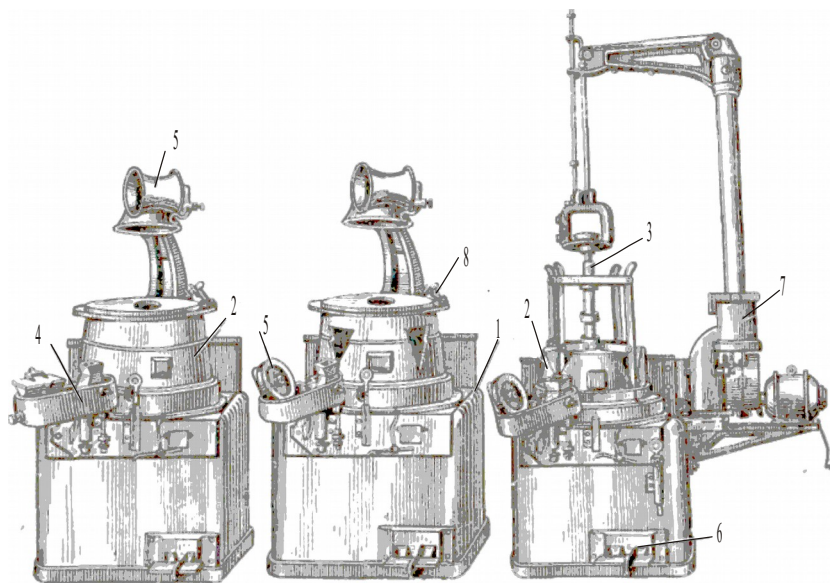


Рисунок 2.35 – Блокова волочильна машина: 1- станина блоку; 2 – барабан; 3 - знімач; 4 – мильниця з волоко тримачем; 5 – напрямний ролик; 6 – педаль включення й вимикання; 7 – знімний пристрій; 8 – повідець; (двигуни, коробки швидкостей і варіатори розташовуються за блоками машини)

Схеми машини зі здвоєними барабанами, що працюють без осьового закручування, показана на рисунку 2.33, з.

На рисунку 2.33, д показана схема волочильної машини з концентричним розташуванням барабанів. Дріт спочатку надходить на внутрішній барабан, а потім через повідковий пристрій на зовнішній барабан, який вільно обертається на опорних роликах. В іншому принцип роботи машини з концентричними барабанами аналогічний описаному зі здвоєними барабанами.

Волочильні машини з магазинами обладнає багатоступінчастими коробками швидкостей, а «блокові» машини, крім того, мають механічні варіатори. Завдяки варіаторам представляється можливим суттєво змінювати кінематику машин, а виходить, і варіювати застосовуваними величинами обтиснень у переходах волочіння. Усі передавальні механізми цих машин поміщені в коробки й надійно захищені від зовнішніх впливів. Відповідальні вузли машин змазують звичайно централізованим способом. Машини мають привод переважно від двигунів змінного струму. Електричні схеми керування при використанні постійного струму забезпечують низькі пускові швидкості і їх автоматичне наростання після пуску. У машин із двигунами змінного струму передбачена додаткова пускова швидкість, яка включається за допомогою спеціальної педалі. У машин деяких конструкцій пускові режими забезпечуються механічними системами. Барабани й волокни прохолоджують повітрям або водою, а іноді й тем і іншим одночасно.

Машини магазинного типу можуть бути використані для волочіння дроту зі швидкістю до 700 м/хв. Застосування їх при більш високих швидкостях утруднене внаслідок складного руху дроту при переході з барабана на барабан і громіздкості обертових частин. На цих машинах дріт при волочінні скручується навколо своєї осі, що хоча й не знижує механічних властивостей, але унеможлиблює протягання фасонного дроту.

Безперервна робота машин багаторазового волочіння без ковзання, що обумовлюється сталістю обсягу дроту, що простягається, на всіх барабанах, може бути забезпечена зміною швидкостей обертання відповідних барабанів. Регулювання швидкості обертання барабанів відбувається автоматично за допомогою механічних електричних або гідравлічних пристроїв. Найбільше поширення з машин, заснованих на регулюванні обертання барабанів, одержали безперервно-роликові й безперервно-прямоточні.

Волочіння без ковзання (рис. 2.36), характеризуються постійною швидкістю обертання всіх проміжних і чистового шківів протягом усього циклу волочіння й разом з тим деяким відносним ковзанням дроту на проміжних шківах, величина якого може змінюватися в ту або в іншу сторону залежно від зношування каналу волок. Сила волочіння розвивається витяжними шківками завдяки силам тертя, які виникають між дотичними поверхнями шківка його дротом, що й охоплює. Залежно від діаметра дріт перед волочінням обгинають один або кілька раз навколо шківів. Прагнуть, щоб дріт обертася навколо шківів не більш двох раз.

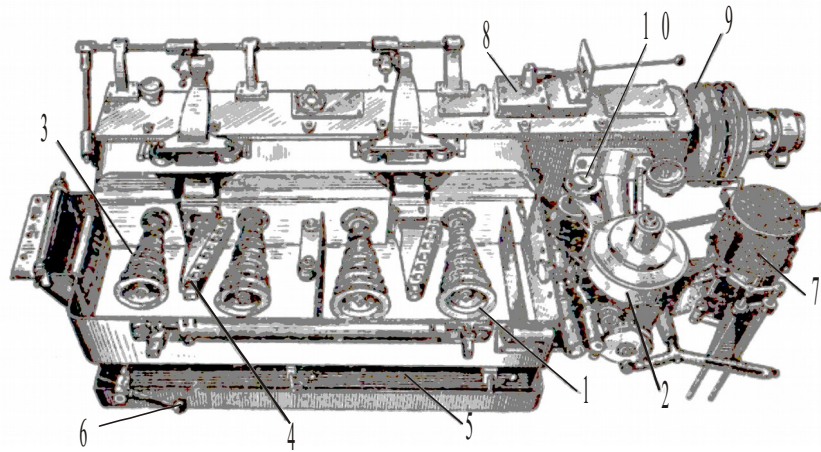


Рисунок 2.36 – Машина для волочіння з ковзанням: 1 – східчастий шків; 2 – оздоблювальний шків; 3 – ванни для емульсії; 4 – волоко тримач; 5 – ванна для зливу емульсії; 6 – важіль включення й вимикання; 7 – прийомна котушка (під захисною сіткою); 8 – коробка швидкостей; 9 – шків текстропної передачі; 10 – показчик швидкості волочіння

На машинах з ковзанням швидкість обертання шківів на 2 – 4 % перевищує швидкість виходу дроту з волоки. Такі машини залежно від розташування й конструкції робочих шківів можуть бути з горизонтальними або вертикальними шківками. Шківки у свою чергу можуть бути циліндричними або східчасті. Стани із циліндричними шківками застосовують порівняно рідко. Більш поширені стани зі східчастими шківками, застосовувані для волочіння переважно тонкого й щонайтоншого дроту. Стани для волочіння дроту середніх і тонких діаметрів мають 5 - 15 волок, а для найтоншої, щонайтоншої й мікронної 9 - 25 волок.

У машин із циліндричними шківками збільшення окружних швидкостей кожного наступного шківка здійснюється шляхом безпосереднього збільшення числа обертів шківів. Діаметри всіх шківів однакові.

Багаторазові машини з ковзанням простіше, чим машини без ковзання по пристрою, компактніше й зручніше при заправленні дроту. Система охолодження дозволяє здійснювати на них волочіння на високих швидкостях (до 1500 м/хв і більш). Вони є незамінними для волочіння найтоншого й щонайтоншого дроту. До недоліків цих машин ставляться: втрати енергії на тертя про шківки і їх швидке зношування, а також більш твердий зв'язок застосовуваних при волочінні одиничних обтиснень зі швидкостями шківів і їх передаточними числами, тобто з кінематикою стану.

Волочіння із проти натяжінням (рис. 2.37) відрізняється від звичайного тим, що до вхідного у волоку дроту додається сила (Q), спрямована протилежно силі волочіння (P). Якщо при звичайному способі протягання пружні й залишкові деформації повідомляються металу безпосередньо у волоку, то при волочінні із проти натяжінням частина пружних напружень у дроті створюється ще до вступу у волоку від сили проти натяг. У результаті при

волочинні із проти натяжінням волочильний інструмент випробовує з боку, що простягається металу тиск, менше, чому при звичайнім протяганні.

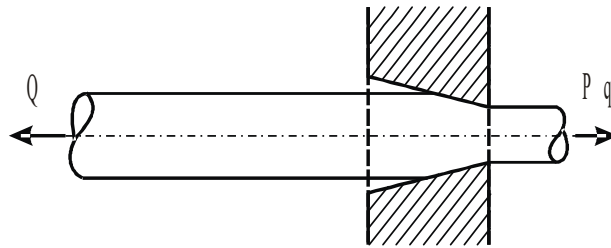


Рисунок 2.37 – Схема процесу волочіння із зовнішнім проти натягом

Завдяки зниженню зовнішнього тертя зменшується виділення тепла при деформації, тобто знижується нагрівання дроту й волок при волочінні, забезпечується більша міцність плівки змащення й менше зношування волочильного інструмента. Це дає можливість застосовувати волокни з тонкими стінками, що особливо важливо при використанні алмазних волок.

На практиці встановлене, що проти натяг повинне становити 35 -50 % від тимчасового опору розриву дроту.

Гідродинамічне волочіння (рис. 2.38), (Установка Бриджмена). Установка являє собою посудину високого тиску, що полягає із двох камер, з'єднаних між собою. Тиск створюється при переміщенні поршня в тій камері, у якій перебувають волокна й відрізок дроту, що зазнає волочіння. До виступаючого з волокна кінця дроту приєднаний тяга у вигляді довгого стрижня, який проходить через сполучну камеру й майже досягає втулки, що перебуває у входу в другу камеру. Тяга щільно пригнана до отвору втулки. Тиск до заданої величини піднімається відповідним переміщенням поршня, після чого поршень зрізує запобіжний штифт; при цьому звільняється пружина, що діє на ковзні втулки (ці втулки й пружина на схемі не показані). Під дією пружини вся система, що полягає з волокна, дроти й приєднаної до неї тяги, переміщується до упору в дно першої камери. При цьому тяга входить в отвір втулки, що перебуває у входу в другу камеру, і вся система займає положення, показане на правій стороні малюнка. Після цього відкривається вентиль (положення б), що перебуває в нижньому кінці другої камери, тиск поступовий знижується, тяга під підвищеним тиском у першій камері проштовхується в другу, а прикріплена до неї дрот простягається через волокно при тиску, створеному в першій камері.

Спосіб може бути застосований при лабораторних дослідженнях, коли необхідно одержати в невеликих кількостях дрот із сильно зміцнених металів, у звичайних умовах, що погано деформуються.

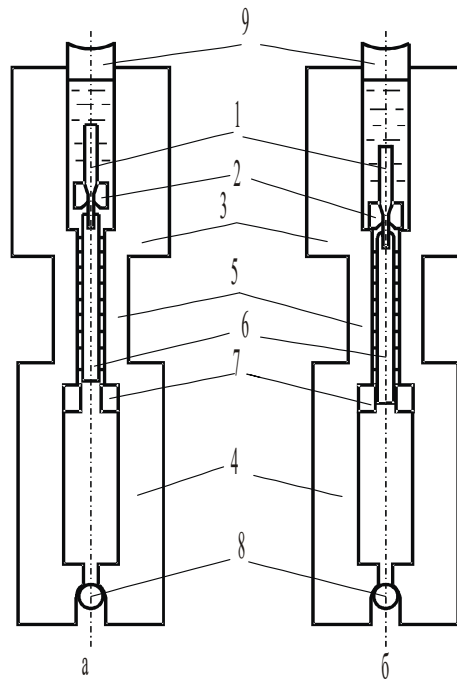


Рисунок 2.38 – Схема установки для гідростатичного волочіння дроту: А - вихідне положення; б - положення на початку процесу волочіння; 1- металевий стрижень, що зазнає волочіння; 2 - волока; 3 - перша камера високого тиску; 4 - друга камера високого тиску; 5 - сполучна камера; 6 - тяга; 7 - втулка; 8 - вентиль; 9 - поршень

2.6.1 Волочіння біметалічного дроту й дроту з металопокриттями

Велике поширення в техніку одержав біметалічний дріт, що полягає з пари металів або сплавів з різними фізичними й механічними властивостями, наприклад сталь і мідь, сталь і алюміній і ін. Такий дріт має високу міцність, гарну електропровідність і підвищену корозійну стійкість.

Один з металів цієї пари розташований у центрі у вигляді сердечника, а другий – на периферії у вигляді припасованої до сердечника концентричної оболонки. Такий дріт роблять головним чином прокаткою або пресуванням з наступним волочінням біметалічної заготовки. Іноді застосовують заготовку, що полягає із труби з вільно введеним у неї сердечником. В окремих випадках біметалічний дріт одержують сверткою оболонки навколо сердечника при протяганні через волоку з каналом спеціального профілю (рис. 2.39).

Електропластичне волочіння. Волочіння важко деформованих, зокрема, тугоплавких сплавів, з використанням електропластичного ефекту: при пропусненні електричного струму через, що простягається зразок помітно знижуються напруга й зусилля волочіння. Найбільший електропластичний ефект спостерігається при пропусненні через метал імпульсного струму високої частоти - порядку 10^3 А/мм² протягом 10^4 с. Використання ЕПЭ дозволило не тільки інтенсифікувати процес волочіння, але й виключити операції підігріву

заготовок і волок, які необхідні при традиційній технології одержання дроту з тугоплавких металів, наприклад вольфраму.

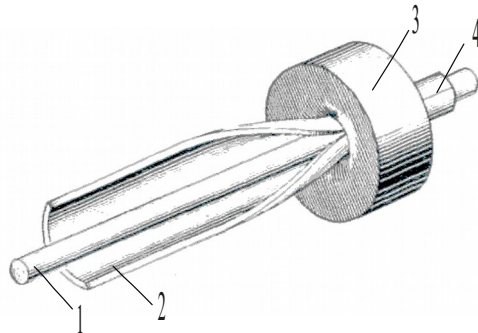


Рисунок 2.39 – Схема процесу одержання біметалічного дроту сверткою штаби близько сердечника: 1 – сердечник; 2 – штаба, що звивається; 3 – волока; 4 – біметалічний дріт.

Обертові монолітні волокни (рис. 2.40). У розглянуті вище процесах значна частина сили волочіння йде на подолання зовнішнього тертя. Для підвищення інтенсивності процесу при волочінні круглих профілів волоку повідомляють обертовий рух у площині, перпендикулярній осі каналу.

На рисунку 2.40 показана схема сил, що діють на елементарному майданчику A контактній поверхні обертовій волоки

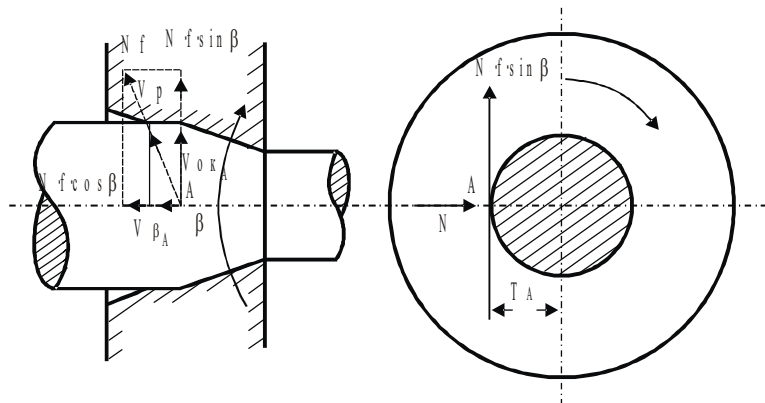


Рисунок 2.40 – Схема сил, що діють на метал у каналі монолітної обертової волоки

Кожний такий майданчик рухається щодо металу, що простягається, прямолінійно в напрямку, зворотному поступальному руху металу.

Волочіння через обертову волоку зменшує коефіцієнт тертя при волочінні, але вимагає створювати обертання з надзвичайно більшим числом обертів, а також додаткових витрат потужності й спеціального складного привода, що обмежує застосування даного методу волочіння.

Підвищити ефективність процесу можна лише, зменшивши сили зовнішнього тертя, для чого застосовують дискові волокни. Робочі поверхні

волоочильного каналу в цих волоках частково або повністю утворені поверхнями оберткових дисків, осі яких укладені в підшипники, що добре змазуються, ковзання або кочення. Схема таких волок показана на рисунку 2.41.

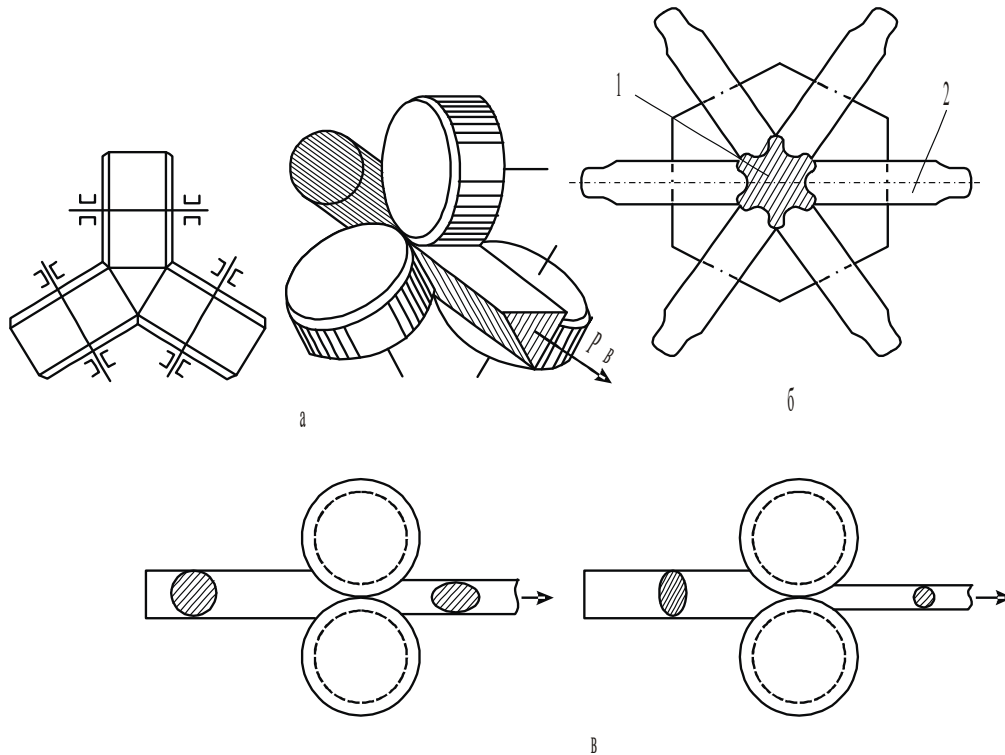


Рисунок 2.41 – Схема конструкцій дискових волок для волочіння: а – тригранного профілю; б - грибоквого профілю; (1 – грибоквий профіль; 2 – оберткові диски); в – круглого профілю по системі коло-овал-коло

Іноді дискові волокни застосовують для волочіння круглих профілів із твердих сталей по системі коло – овал – коло. При таких волоках не тільки полегшує процес волочіння, але й трохи підвищується механічні властивості готового дроту.

Волочіння в дискових волоках відрізняється наступними особливостями.

Сили зовнішнього тертя в каналі почасті заміняються силами зовнішнього тертя в підшипниках дисків. Характер плинину металу в деформаційній зоні близький до прокатки в закритих калібрах з натягом штаби.

Велика перевага дискових волок - можливість змінювати в процесі волочіння відстані між дисками, у результаті чого виходять профілі змінного перетину. Дискові волокни часто застосовують для волочіння смуг прямокутного перетину. Можливість зміни відстані між дисками дозволяє через ту саму волоку простягати штаби різних розмірів. При цьому, однак, важко встановлювати диски для обробки краєвих штаби, тобто поверхні по вузькій стороні поперечного перетину.

2.7 Класифікація дроту і каліброваного металу

Сталевий дріт і прутки класифікують по наступних ознаках.

1. *За формою поперечного перетину* - круглі, фасонного профілю, квадратні, прямокутні, тригранні, шестигранні, овальні, сегментні, зетоподібні, іксоподібні, клиноподібні, секторні, трапецієподібні й інших спеціальних профілів.

Найбільше роблять дроти й прутків круглого перетину.

На рисунку 2.42 представлені різні види профілю арматурного дроту, одержуваної методом волочіння.

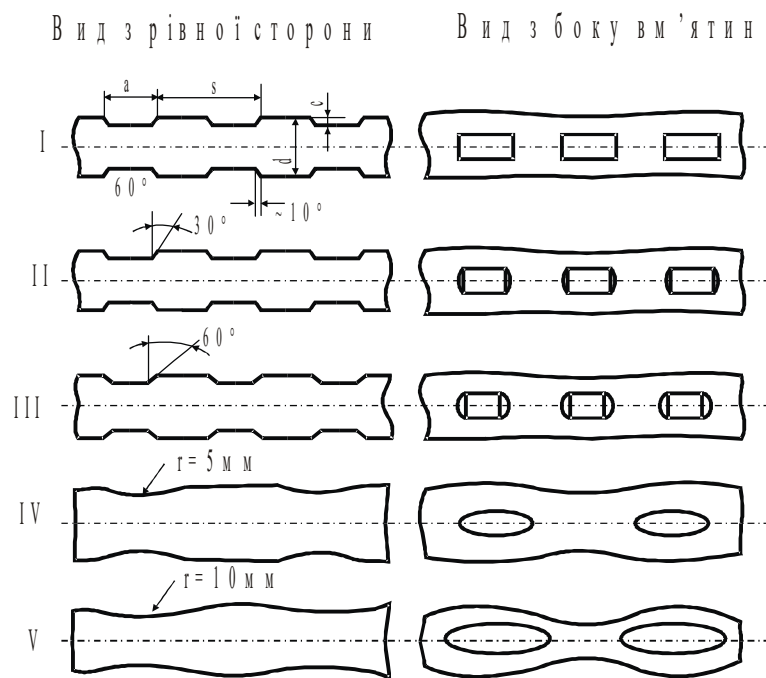


Рисунок 2.43 – Схема раціонального профілю арматурного дроту: 1 - прямокутні вмятини; II і III - трапецієподібні вмятини; IV і V - круглі вмятини

2. *По розміру (діаметру) поперечного перетину* дріт ділиться на 9 груп: від менш 0,1 мм до понад 8 мм.

Довжина прутків перебуває в межах від 0,3 до 100 мм.

Калібрований метал круглого перетину виготовляють діаметром від 3 до 100 мм, квадратного перетину зі стороною ний квадрата від 5 до 100 мм, шестигранного перетину діаметром уписаного кола від 5 до 100 мм і прямокутного перетину (смугова) товщиною від 5 до 50 мм, шириною від 12 до 63 мм.

3. *По точності виготовлення* і залежно від поля допуску дріт має граничні відхилення номінальних діаметрів. Для кожного класу точності залежно від номінального розміру дроту встановлені припустимі відхилення.

4. *Хімічний склад* сталі багато в чому визначає властивості дроту й прутків. Сталевий дріт виготовляють із низько вуглецевої сталі з масовою часткою вуглецю до 0,25 % включно; з вуглецевої сталі з масовою часткою вуглецю понад 0,25 %; з легованої сталі; з високолегованої сталі; зі сплавів з особливими властивостями (корозійностійких, жаростійких, жароміцних, прецизійних).

5. *По тимчасовому опорі розриву* сталевий дріт: від низької міцності (менш 390 Н/мм²) до високої міцності (понад 3140 Н/мм²).

Крім того, до більшості сортів дроту висувають вимоги *по пластичності*, оцінюваній числом перегинів і скручувань.

До *каліброваного* металу висувають вимоги *по твердості*, яка залежить від марки сталі й стану поставки.

Так, калібрована сталь 08кп у наклепаному стані повинна мати твердість НВ 179, а у відпаленому стані 131; сталь 30 - у наклепаному стані 229, а у відпаленому 187, сталь 30ХГСА - у наклепаному стані 269, а у відпаленому 229.

На вимогу замовника калібрована сталь у стані поставки повинна мати певні показники *по тимчасовому опорі розриву, відносному подовженню й відносному звуженню*.

6. *По виду поверхні* дріт може бути:

- без додаткової обробки поверхні після деформації (у тому числі дріт із залишками технологічних покриттів - міді, фосфату, бури, які наносять на поверхню для підготовки металу до волочіння);

- тягнена після попереднього шліфування, обточування або обдирання на проміжному розмірі;

- зі спеціальною обробкою поверхні (шляхом видалення поверхневого шару);

- полірована, шліфувана, травлена;

- покрита: з металевим покриттям (оцинкована, луджена, обміднена, латунірована, алюмінірована, інші металеві покриття, з неметалічним покриттям (полімерами, фосфатировані й ін.);

- світла (термічно оброблена в захисній атмосфері); оксидована (окиснена, термічно оброблена із квітами мінливості);

- чорна (термічно оброблена, покрита окалиною).

Калібрований метал по якості поверхні ділиться на три групи:

А - метал особливо відповідального призначення,

Б - загального призначення,

У - метал для механічної обробки.

7. *По призначенню* дріт має саму широку класифікацію: загального призначення; армування залізобетонних конструкцій; армування попередньо-напружених залізобетонних конструкцій; зварювальна; наплавочна; канатна; спицева; гнучких тяг централізації сигналів і стрілок; пружинна; армування гумовотехнічних виробів; струнна; пружинних шайб; виробництва сіток; повітряних ліній зв'язку; сердечників проводів; проводів і кабелів; бронювання проводів і кабелів; бандажна; нагрівальних елементів; елементів опору;

пружних елементів; із заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення; записи гармонійних сигналів; конструкційна різного призначення; виготовлення заклепок і розпірок сепараторів підшипників кочення; кріпильних виробів, що виготовляються методом холодного видавлювання й висадження; шплінтова; поліграфічна; голкова; гребенечесальна; бердна; кардна; ремізна; полкова; в'язочна; медичного призначення.

Вимоги до дроту, що залежать від її призначення, передбачаються державними стандартами (Дст), технічними умовами (ТУ) або угодами, укладеними між споживачами й постачальниками.

У цих документах обмовляються: форма перетину, розміри, відхилення від них (допуски), механічні властивості, стан поверхні, мікроструктура й при необхідності деякі фізичні властивості.

Деякі перетини фасонного дроту й прутків показані на рисунку 2.44.

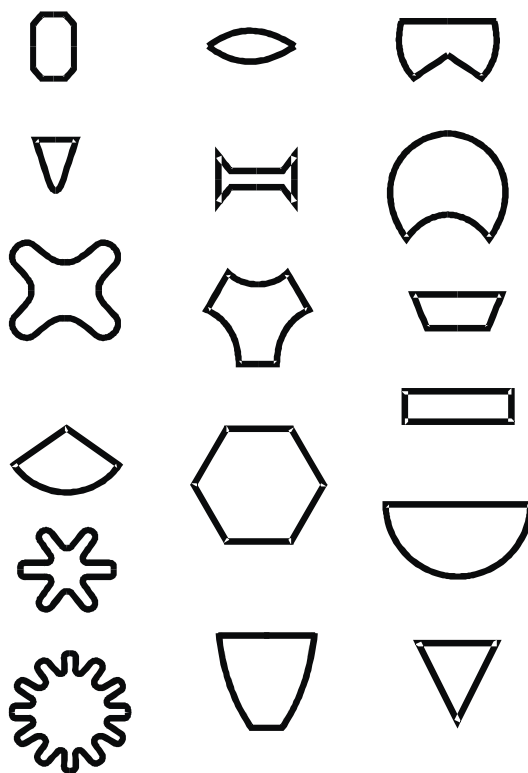


Рисунок 2.44 – Профілі фасонного дроту й прутків

Технологія волочіння прутків і дроту залежить від кінцевих розмірів, фізико – механічних, технологічних властивостей і пластичності матеріалу, стану поверхні.

Прутки й дріт роблять у відпаленому, частково наклепаному, загартованому, загартованому й відпущеному стані.

2.8 Технологічні схеми виробництва дроту та каліброваної сталі

Процес виробництва дроту й прутків полягає в чергуванні різних операцій, куди ставляться, як правило, підготовка поверхні, волочіння,

термічна обробка, а у випадку нанесення покриттів на дріт, додаткові операції підготовка поверхні й наступні операції випробування, сортування й здачі виробу споживачеві.

На рисунку 2.45 наведена технологічна схема виробництва оцинкованого дроту з низько вуглецевої сталі.

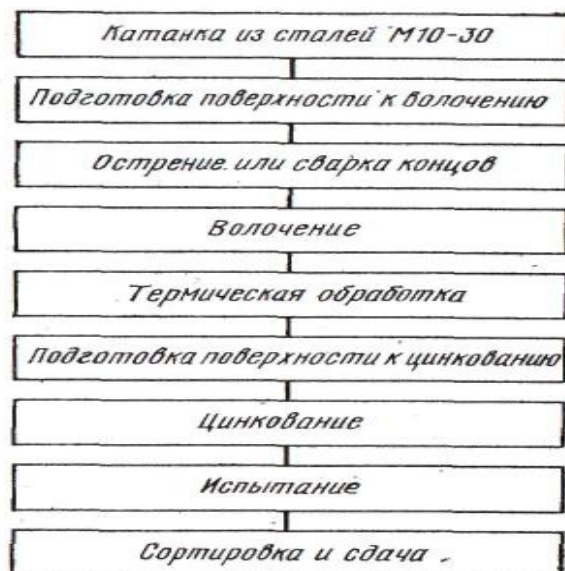


Рисунок 2.45 Схема виробництва оцинкованого низько вуглецевого дроту

2.8.1 Підготовка поверхні до волочіння

При виробництві дроту чергування технологічних операцій і число чергувань можуть бути різними й залежить від діаметра готового дроту й від пластичності металу.

Чим тонше готовий дріт і чому менш пластичний метал, тем більше число циклів необхідно при її переробці.

З низько вуглецевої сталі виготовляється близько 70 - 75 % дроту.

Катанка з низько вуглецевої сталі діаметром 6,0 - 9,0 мм проходить операції підготовки поверхні й простягається залежно від призначення до розміру 0,8- 1,2 мм.

Підготовка поверхні необхідна для видалення окислів і інших дефектів. Окисли мають відносно високу твердість і тим самим збільшують зношування волок і погіршують якість поверхні виробу.

При виробництві дроту особливо відповідального призначення, з метою видалення дефектів, вихідну катанку іноді шліфують у мотках або застосовують інші види механічного впливу, наприклад, вигином, дробеструйним впливом, способом шабровки, обточування, шліфування. Перед шліфуванням катанку рекомендується піддавати калібруванню для усунення овальності.

Одним з основних методів видалення окалини є хімічне травлення в розчинах кислот, лугів або в розплавах солей. Травлення в розчинах кислот супроводжується хімічними й електрохімічними процесами.

Якщо потрібно мати більш тонкий дріт, то її слід термічно обробити (відпалити) і потім повторити волочіння до необхідного діаметра.

Залежно від призначення дріт може бути використана без додаткової термічної обробки. Іноді дріт піддають калібруванню, що полягає в протяганні зі слабким обтисненням після термічної обробки.

Для волочіння з високими швидкостями потрібен метал підвищеної чистоти по неметалічних включеннях і однорідний по хімічному складу. Зміст вуглецю в сталі для катанки не більш 0,15 %, відносне звуження не менш 60 %.

З низько вуглецевої сталі виготовляють дріт:

- 1) загального призначення діаметром 0,16 - 10 мм ($\sigma_b = 690 \div 1370$ Н/мм²);
- 2) бердну діаметром 0,8 - 8,5 мм ($\sigma_b = 390 \div 640$ Н/мм²);
- 3) броньовану для електричних проводів і кабелів діаметром 0,3 - 8,0 мм ($\sigma_b = 340 \div 490$ Н/мм²);
- 4) поліграфічну оцинковану й не оцинковану діаметром 0,35 - 1,2 мм ($\sigma_b = 690 \div 880$ Н/мм²);
- 5) сталеву оцинковану для повітряних ліній зв'язку (лінійну) діаметром 1,5 - 6,0 мм ($\sigma_b = 360 \div 640$ Н/мм²);
- 6) сталеву низько вуглецеву наклепану для армування залізобетонних конструкцій діаметром 3,0 - 10 мм ($\sigma_b = 440 \div 830$ Н/мм²);
- 7) сталеву вуглецеву для холодного висадження діаметром 1,0 - 16 мм ($\sigma_b = 420 \div 740$ Н/мм²) і ін.

2.8.2 Змащення при волочінні

Призначення змащення і вимоги до неї

Без застосування змащення волочіння неможливе. Питання змащення тісно пов'язані із зовнішнім тертям, яке супроводжує й протидіє переміщенню, що перебувають у зіткненні двох тел. Прийнято розрізняти три види зовнішнього тертя: сухе, граничне й рідинне.

Сухе тертя – це тертя під час відсутності змащення на дотичних поверхнях тел.

Граничне тертя виникає в тих випадках, коли між дотичними тілами є надзвичайно тонкий шар змащення, що володіє особливими властивостями.

При рідиннім терті між тертьовими поверхнями є значний шар змащення, повністю їх поділяючий і характеризуємий внутрішнім тертям у змащенні.

Зовнішнє тертя залежить від матеріалу дотичних тіл, складу й характеру змащення, від дійсних площ контакту тертьових поверхонь і від режиму роботи: температури, швидкості, навантаження й, головне, від температурного поля, що виникає в тонкому поверхневому шарі.

Змащення запобігає прилипанню металу, що простягається, до волоків, зменшує тертя й забезпечує необхідна якість поверхні дроту.

Правильно обрана змащення дозволяє застосовувати високі частки й загальні деформації, а також високі швидкості волочіння. Крім того, вона знижує температуру у вогнищі деформації.

Основні вимоги до змащення при волочінні: 1) добре й безупинно змочувати тертьові поверхні й міцно до них прилипати; 2) витримувати більші тиски; 3) не повинна спікатися, розкладати або розшаровуватися; 4) повинна забезпечувати мінімальне зношування каналу волок і чистоту робочих місць; 5) не вогнебезпечна; 6) не мала неприємного запаху й не виявляла шкідливого впливу на обслуговуючий персонал; 7) виготовлятися з недефіцитних матеріалів і бути дешевою.

Состави змащень для волочіння

Змащення ділять на тверді, консистентні (напіврідкі) і рідкі.

Тверді змащення. До них ставляться мила, що представляють собою з'єднання лужних і лужноземельних металів (натрію, калію, кальцію) з жирними кислотами. Мильні порошки широко використовують при сухім волочінні дроту.

До твердих змащень відносять також нафтопродукти: парафін, церезин і озокерин. Змащенням такого ж типу є бджолиний віск. Найбільше поширення із цих змащень одержав віск при протяганні дорогоцінних металів і парафін (з добавкою масла) при волочінні легованої сталі. Наносять ці змащення шляхом занурення мотків у ванну з розплавленим парафіном, воском або іншими матеріалами.

Консистентні змащення виготовляють уведенням у тваринні, мінеральні або рослинні олії спеціальних загустників (мила, петролатума, церезину й інші). При волочінні дроту товстих перетинів з кольорових металів і м'яких сталей консистентні змащення застосовують порівняно рідко й, як правило, при волочінні прутків.

Рідкі мастила використовують здебільшого при волочінні тонкого, найтоншого й що найтоншого дроту.

Рідкі мастила - це найчастіше водні емульсії мінерального або рослинної олії й мила, що виконує роль стабілізатора змащення. Широко застосовують водяний розчин чистого мила й олеїнової кислоти з кальцинованою содою. При калібруванні голкової й аналогічної їй дроту застосовують водяний розчин мила з добавками сірчаної кислоти й борошна.

Наповнювачі й ущільнювачі змащення. Наповнювачами змащення є речовини, які наносять на поверхню дроту при проведенні підготовчих або спеціальних операцій. Вони збільшують товщину змащення й цим знижують можливість прилипання металу, що простягається, до волоків. Наповнювачами є плівки гідроокису міді (на сталевому дроті), фосфату, а також шари перевести, рідкого скла, бури й інших продуктів, графіт.

Широке поширення одержує двосірчаний молібден (дисульфід молібдену). Застосовуються колоїдні суспензії дисульфиду молібдену (MoS_2), тому що його порошок не розчиняється у воді й маслах. Цей вид змащення, володіючи високою міцністю, дозволяють зменшити кут робочої зони волоки й

збільшити контактну поверхню дроту й волочильного інструмента. Більша контактна поверхня сприяє зменшенню тисків на волоку й розподіляє зношування на більшу поверхню інструмента, збільшуючи цим стійкість останнього.

Дисульфід молібдену дозволяє значно збільшити швидкість волочіння при одночаснім підвищенні експлуатаційної стійкості волок і поліпшенні якості поверхні сталі.

Ущільнювачі змащення підвищують її в'язкість і сприяють рівномірному розподілу наповнювача на дроті. Ущільнювачами є столярний і малярський клеї, борошно (додають у вапно або емульсії), крохмаль, желатин і інші матеріали.

2.9 Термічна обробка дроту, каліброваного металу і труб

Термічна обробка металу полягає в нагріванні металу до певної температури, витримці його при цій температурі й наступним охолодженні. Проведення термічної обробки супроводжується зміною властивостей металу у зв'язку зі зміною структури.

Знання діаграм стану сплавів і фазових переходів (перетворень) дозволяє визначати температури цих перетворень.

Термічна обробка може передувати волочінню, проводиться після нього або супроводжувати йому.

Термічна обробка металу перед волочінням дозволяє вилучити окалину, знімає наклеп, надає металу необхідні пластичні властивості, забезпечує одержання найбільш оптимальної структури.

Зокрема, термічну обробку перед деформацією в холодному стані проводять для важко деформованих металів і сплавів, таких як підшипникові й високолеговані інструментальні сталі, титанові сплави й латуні.

Проміжні операції відпалу служать для усунення наклепу металу й створюють можливість подальшої холодної деформації. Заключна операція термічної обробки служить аналогічним цілям, а також для створення необхідної структури й властивостей металу.

При волочінні метал зміцнюється й змінює свою пластичність. З досягненням певного ступеня сумарного обтиснення продовження волочіння неможливо, тому що метал стає тендітним, подальше протягання цього металу може бути здійснена лише після проведення термічної обробки.

Найпоширенішими видами термічної обробки металу є відпал, патентування, нормалізація, загартування й відпустка.

Відпал - це вид термічної обробки, при якій після нагрівання, витримки й повільного охолодження одержують м'який, пластичний метал, вільний від внутрішніх напружень. Відпалу піддають дріт і прутки перед волочінням або на готовому розмірі.

По характеру термічної обробки сталеві прутки, що надходять у калібрований цех, зазнають:

1) чорновому (підготовчому) відпалу перед загостренням (стоншенням) кінців штанг (прутків); у цьому випадку доставка каліброваних прутків споживачеві проводиться без термічної обробки, у нагартованому стані;

2) відпалу після волочіння; метал має твердість, що допускає його загострення й волочіння без попереднього зм'якшення;

3) відпалу до загострення й волочіння й після цих операцій.

Температури нагрівання, застосовувані при відпалі, можуть бути вище або нижче критичних, при яких метал випробовує внутрішнє перетворення. Прагнуть відпалюють метал при можливо низьких температурах, тому що це здешевлює процес і зменшує ймовірність перегріву й зуглецювання. Тривалість витримки залежить від маси, природи й вихідної структури металу, що відпалюють. Вона визначається ще й властивостями, які прагнуть забезпечити відпалом метал.

Швидкість нагрівання дроту й прутків, якщо їх відпалюють у мотках або пачках, повинна забезпечити рівномірний прогрів усієї маси металу. Якщо нагрівання проводити дуже швидко, то температура зовнішніх шарів мотка (пачки) буде вище температури внутрішніх шарів, що може привести до неоднорідності властивостей по довжині. Швидкість нагрівання залежить від теплопровідності, а також від маси й розташування металу в грубному просторі.

Швидкість охолодження визначається головним чином составом металу і його міцністю (твердістю), яку потрібно одержати після відпалу. Дріт і прутки з легованих сталей прохолоджують повільніше, чим з вуглецевих. Дріт і прутки з вуглецевих сталей прохолоджують до 500° С разом з піччю, а потім швидко – на повітрі. Більшість корозійностійких сталей прохолоджують до 500° С разом з піччю, а потім швидко – на повітрі. Більшість корозійностійких сталей прохолоджують різко у воді.

Рекристалізаційний відпал дроту й прутків проводять при температурах нижче критичних. У процесі такого відпалу замість витягнутих деформацією зерен виростають нові, недеформовані; при цьому твердість металу знижується й збільшується пластичність.

Відпал на зернистий перліт. При відпалі сталі, крім зм'якшення самого металу, домагаються ще одержання зернистої (круглої) форми структурних складових сталі - цементиту (для сталей із середнім і високим змістом вуглецю) і складних карбідів (для легованих сталей).

Перед відпалом катанку звичайно нормалізують (прохолоджують на повітрі після нагрівання) для вирівнювання розподілу по її перетину перліту карбідів і ліквідації навколо зерен цементитної сітки. При відпалі деформованого дроту зернисту форму перліту одержують при витримках і температурах, менших критичних, тобто при рекристалізаційному відпалі.

Патентування полягає в нагріванні дроту вище верхньої критичної температури A_{c3} , при якій сталь переходить в аустеніт, витримці при цій температурі, зануренні в середовище з температурою 450 – 550 °С и охолодженні на повітрі.

Нижче ліній A_{c3} і A_{cm} із аустеніту залежно від марки вуглецевої сталі починається виділення фериту або цементиту, а трохи нижче ліній A_1 починається й при цій же температурі закінчується перетворення всього аустеніту, що залишився, у перліт. Ці зміни в структурі відбуваються при низьких швидкостях охолодження. Залежно від швидкості охолодження одержують різні структури.

У результаті патентування одержують мікроструктуру, що полягає із суміші двох складових - фериту і цементиту, - сорбіт. Цементит у такій структурі характеризується надзвичайної подрібленості й рівномірним розташуванням найтонших цементитних пластинок у феритній масі. Сама ж феритна маса складається з порівняно великих ділянок. Усе це забезпечує патентованої дроту високу пластичність і гарні міцнісні властивості.

Нормалізація відрізняється від патентування тим, що дріт після нагрівання вище критичної крапки A_{c3} проохолоджується не в спеціальному середовищі (у розплаві солі або свинцю), а безпосередньо на повітрі.

Структура нормалізованої сталі менш однорідна, чим патентованої, а властивості металу трохи нижче. Нормалізацію застосовують у тих випадках, коли виготовляють дріт, призначену для переробки на більш тонкі розміри (тобто передільну). Застосовувати нормалізацію для дроту готового розміру не рекомендується внаслідок сильного окиснення її поверхні в цих умовах. Нормалізацію дроту з високо вуглецевої або легованої сталі проводять перед відпалом з метою усунення сітки цементиту. Поверхня дроту при нормалізації окисниться на більшу глибину, чому при патентованні. При цьому деякі дефекти віддаляються в окалину.

При виготовленні дроту для клапанних пружин, високоміцної арматур, для кардної штаби й інших цілей заключною операцією є загартування з відпусткою. При цьому забезпечується висока міцність і твердість, висока пружність, а також прямизна дроту.

Загартування сталевого дроту полягає в нагріванні її вище критичної крапки A_{c_x} або A_{c3} і наступним швидким охолодженні. На результати загартування впливають швидкість і температура нагрівання, час витримки й швидкість охолодження. При цьому вирішальним фактором є швидкість охолодження, з якої зв'язано одержання певної структури й заданих механічних властивостей.

Однієї з основних структур, одержуваних у результаті загартування, є мартенсит, що має характерну голчасту будову.

Внаслідок того що в ґратах мартенситу атоми вуглецю як би заклинені між атомами заліза, вони створюють більші внутрішні напруження. Мартенсит має високу твердість, він дуже тендітний.

У якості охолодного середовища при загартуванні використовують рослинні й мінеральні масла, воду, водні емульсії, розчини солей і інші середовища з високою охолодною здатністю. При загартуванні дроту використовують машинне й бавовняне масла й іноді підігріту воду.

Відпустка дроту проводять звичайно відразу ж після загартування. При його проведенні в металу змінюється структура, зменшуються внутрішні напруження, підвищується в'язкість і трохи знижуються міцність і твердість. Температура відпустки має широкий діапазон і залежить від призначення дроту.

На практиці застосовують три види відпустки.

Низька відпустка при 150 - 300° С. Ціль його - зменшити внутрішні напруження, не знижуючи або дуже мало знижуючи при цьому твердість. У результаті низької відпустки одержують структуру відпущеного мартенситу.

Середня відпустку здійснюють при 300 - 450° С и застосовують для виробів, від яких потрібно досить висока твердість і висока межа пружності при певній пластичності.

Висока відпустку проводять при 500 - 680° С. Після такої відпустки сталь має структуру сорбіту (дрібнодисперсна суміш фериту й цементиту).

Наприклад, низькій відпустці після загартування на готовому розмірі піддають гребенечесальний дріт. Кардний дріт після загартування піддають відпустці в діапазоні температур, відповідних до середньої відпустки, а ремізну – у діапазоні температур високої відпустки. Відпустці піддають також дріт, протягнену з високими сумарними деформаціями.

Рекомендують проводити загартування й короткочасна відпустка дроту (заготовки) перед волочінням. При виробництві пружинного дроту зі спеціальними властивостями це необхідно.

2.9.1 Покриття, обробка, упакування дроту та прутків

Після процесу волочіння прутки крім термічної обробки в багатьох випадках правлять, шліфують, полірують і залежно від призначення наносять на них захисні покриття, наприклад, цинкуванням, лудінням, хромуванням, кадмуванням, алітуванням, лакуванням і ін. Виправлення звичайно виконують на ролікоправильних машинах, які встановлюють або в потоці виробництва, або окремо. Шліфування поверхні каліброваних прутків на глибину до 0,15...0,30 мм використовується для видалення поверхневих дефектів, зняття знеуглецьованого шару, додання точних розмірів поперечному перерізу прутка й ін.

Найбільше широко для сталевого дроту застосовують покриття цинком, оловом, латунню й іншими металами, а також неметалічними матеріалами.

Дріт, покрити цинком, використовують для семафорів і підвіски тролів (семафорна); сталевий дріт, покрити алюмінієм, застосовують для проводів, броньованих кабелів, телеграфних ліній зв'язку. Канати з оцинкованого дроту застосовують у суднобудуванні, авіабудуванні, шахтах вугільної промисловості й тоді, коли навколишня середовище є стосовно сталі агресивною й сприяє передчасному виходу канатів з ладу.

Лудінню (покриттю оловом) піддають дріт для бандажів електродвигунів (бандажну); для харчової промисловості; деяких сортів пружинного дроту; для

кабельної промисловості (кабельну), для текстильної промисловості (ремізну). Олов'яне покриття в останньому випадку призначає для забезпечення спайки дротів між собою або з іншими деталями або ж для захисту дроту від корозії.

Покриту латунню дріт і металокорд (троси спеціальних конструкцій) з такого дроту найбільше широко використовують для виготовлення сіток, для армування гуми у високоякісних шинах, транспортерних стрічках, шлангах (рукавах) високого тиску. Латунне покриття в резино-металевих виробках забезпечує міцний зв'язок дроту й гуми.

У деяких випадках металопокриття виконують роль підсмазочного шару і поліпшують умови волочіння. Такими покриттями можуть бути цинкове, латунне й мідне.

Відомі кілька способів нанесення металопокриттів на сталеві вироби; з них при виробництві дроту використовують гарячий і електролітичний.

Покриття гарячим способом проводять зануренням дроту в розплав металу, що на носиться.

Електролітичне покриття здійснюють електричним струмом шляхом занурення в розчин зі спеціальними хімічними реактивами (електролітами) дроту й пластин наносимого металу.

Можливі наступні технологічні схеми виробництва дроту з металопокриттями:

- 1) нанесення металопокриття на дріт готового розміру;
- 2) волочіння термічно обробленої дроту з нанесеним на неї металопокриттям;
- 3) покриття металом дроту після протягання й наступне волочіння до готового розміру.

Доцільність використання тієї або іншої схеми визначається розміром дроту, вимогами до її механічних властивостей і до якості металопокриття.

Наприклад, при виготовленні канатної оцинкованої, латунірованої і аналогічної їм дроту найбільш широке поширення одержала друга схема.

Процеси металопокриттів включають звичайно наступні операції, виконувани на потокових агрегатах: розмотування; знежирення; декапіровання (травлення в кислотах); промивання у воді з піском; флюсування; сушіння; нанесення покриття гарячим або електролітичним способами; охолодження; намотування.

Гаряче цинкування та лудіння - найпоширеніші процеси. Гаряче цинкування проводять у цинкувальній ванні при температурах 440 - 530° С.

Схеми агрегатів для гарячого цинкування дроту наведені на рисунку 2.46.

Гаряче лудіння здійснюють на агрегатах при температурі ванни з оловом 240 - 340° С.

Електролітичне цинкування дроту, як правило, ведуть у сірчанокиислому електроліті, але застосовують його значно рідше гарячого через більш низьку продуктивність.

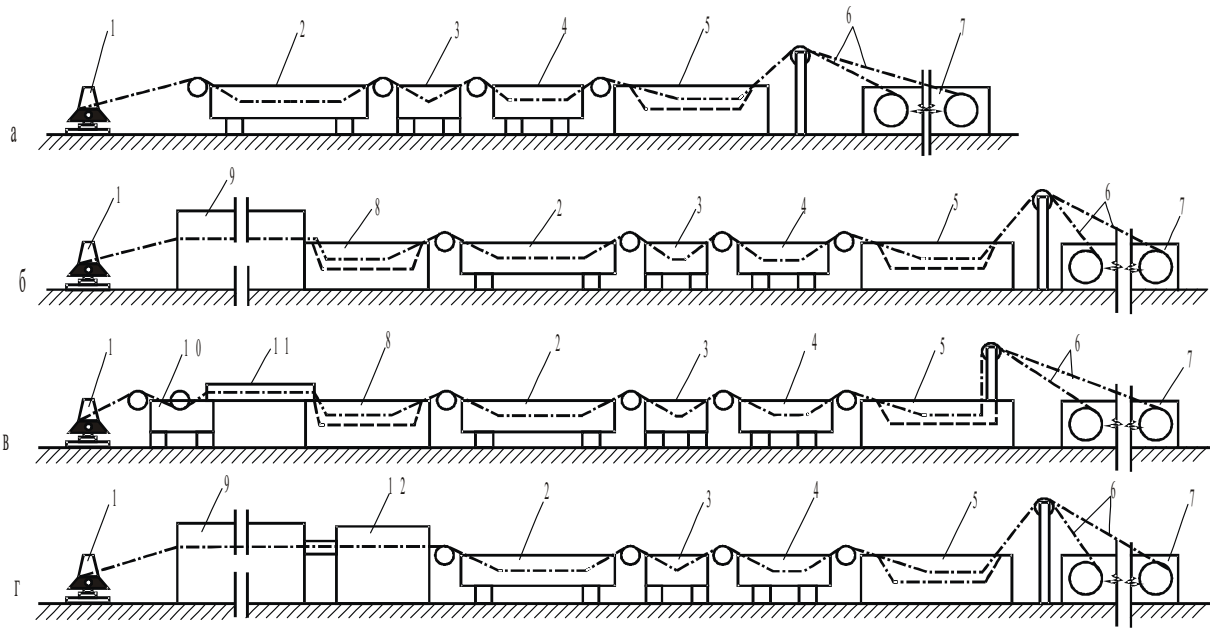


Рисунок 2.46 – Варіанти гарячого цинкування: а - гаряче цинкування; б - патентування й гаряче цинкування; в - електроконтактне патентування і гаряче цинкування; г - відпал і гаряче цинкування, 1 - розмотування; 2 - травлення; 3 - піскова обробка й промивання; 4 - флюсування; 5 - цинкування; 6 - оброблений дрід; 7 - намотувальний апарат; 8 - ізотерічна ванна; 9 - нагрівальна піч; 10 - перший контакт; 11 - пекти контактного патентування; 12 – охолоджувач

Виправлення і різання при переробці мотків на прутки проводять на правильно-відрізних верстатах, рис. 24. Виправлення круглого дроту здійснюють обертанням навколо неї спеціальної рами із закріпленим на останній комплектом роликів і плашок. Дрід при цьому зазнає великій кількості перегинів у всіх напрямках і виходить із верстата випрямленої. Після цього її автоматично відрізають і укладають у ринву.

Для виправлення прутків діаметрами до 20-25 мм використовують найчастіше звичайні роликові рихтування (рис. 2.47).

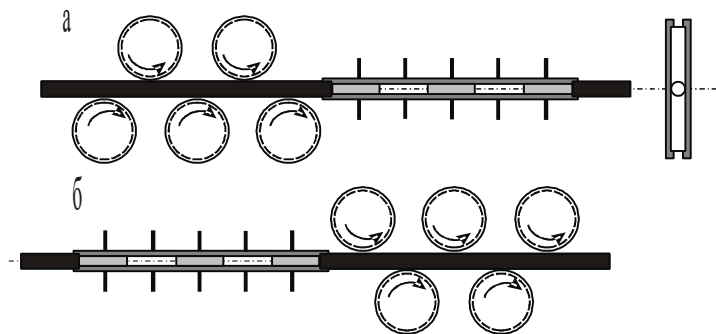


Рисунок 2.47 – Схема правильного пристрою багагороликового верстата: а - вид збоку; б - вид зверху

Шліфуванням видаляють із поверхні металу раковини, ризики, знеуглецьований шар і інші дефекти. Шліфують дріт і прутки після термічної обробки.

Дріт у мотках шліфують на верстатах з обертовими розмотувальною і намотувальною касетами, пристосуванням для виправлення й шліфувальним пристроєм.

Полірування дроту й прутків проводять у тих випадках, коли потрібно більш висока чистота поверхні, необхідна для того, щоб збільшити термін служби й антикорозійну стійкість виробу, виготовленого із дроту.

Механічне полірування здійснюють на спеціальних станах шляхом пропущення дроту й прутків через обертові джгути або між дисками з полірувальними пастами.

Більш ефективно електрохімічне полірування. При такому способі полірування дроту проходить через електроліт і зазнає впливу постійного струму. На дроті, що є анодом (позитивним електродом), розчиняються всі нерівності, у результаті чого досягається висока чистота поверхні. Негативним електродом є металеві пластинки, які також поринають в електроліт. У якості електролітів використовують суміші різних кислот (фосфорної, сарною, лимонної) з добавками гліцерину, хромового ангідриду або інших речовин. Особливо успішно поліруються нержавіючі сталі. Електрохімічним способом прутки полірують рідко.

Методи впакування й змащення визначаються вимогами до готової продукції, а також умовами зберігання й транспортування. Дріт повинна бути надійно захищена від механічних ушкоджень і переплутування. Матеріали, використовувані для впакування, повинні бути досить міцними; вони не повинні містити речовин, що викликають корозію, і не повинні поглинати з навколишнього середовища вологу. Особливо важливо правильно підібрати матеріали для впакування тонкого сталевого дроту, який при несприятливих умовах легко окисляється.

Перед упакуванням дріт повинна бути добре вв'язана. Звичайно дріт товстих і середніх розмірів обв'язують трьома-чотирма в'язаннями з м'якого дроту. Більш тонкий дріт перев'язують власними кінцями, а іноді нитками або шпагатом. В'язання не повинна слабшати й переміщатися по моткові після його перекладання й транспортування.

Дріт і калібровані прутки змазують зануренням мотків і прутків у нагріті масла або в них суміші. Для змащення використовують веретенне, вазелінове й трансформаторне масла. Для зменшення плинності в деяких випадках до них додають загусники: цезерин, петролатум, солідол. У змащення для відповідальних сортів дроту й прутків, схильних до корозії, додають ще антиокислювачі, що затримують окиснення самого масла.

Дріт упаковують у м'які бавовняні матеріали або у тверду тару. Іноді застосовують і те, і інше.

Оплетку дроту стрічкою й м'яким дротом роблять спеціальними пакувальними машинами. На рисунку 2.48 показана машина для оплетки мотків

паперовою тканинною або поліетиленовою стрічкою. Моток дроту в такій машині обертається від приводних опорних роликів; стійке положення його забезпечується спеціальними напрямними. Рулон пакувальної штаби встановлюють на пальці, закріпленому на кільці. Кільце обертаючись від мотора через шків і притискні напрямні ролики, обплітає моток. Машина постачена пусковою педаллю й регулятором швидкості.

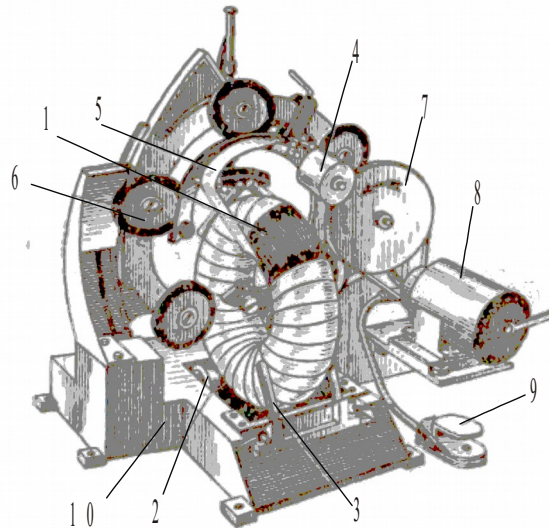


Рисунок 2.48 – Машина для впакування дроту: 1 - моток дроту; 2 - приводний опорний ролик; 3 - напрямна; 4 - оплеточний рулон; 5 - кільце; 6 - притискної ролик; 7 - обертаючий диск; 8 - двигун; 9 - пускова педаль; 10 - станина

2.10 Волочіння труб

Завершальна операція при виробництві холоднодеформованих (тягнутих) труб зі сталей, кольорових металів і сплавів відрізняється більшою різноманітністю технологічних схем волочіння: безоправочне (осад); на короткім закріпленім оправленні; на самоустановлювальній (плаваючої) оправленні; на довгім рухливім оправленні; на сердечнику, що деформується; профілювальне; з роздачею трубної заготовки; у режимі гідродинамічного тертя.

Основним процесом виробництва високоточних труб є волочіння на рухливих, нерухливих і плаваючих оправленнях, технологічна схема якого представлена на рисунку 2.49.

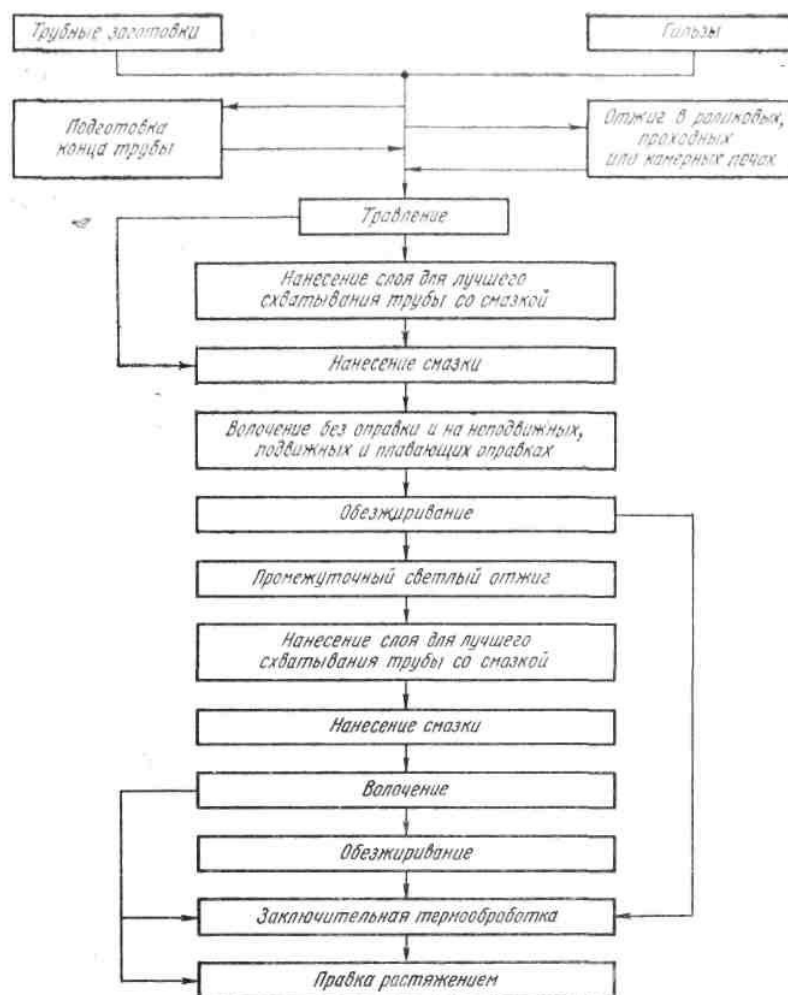


Рисунок 2.49 – Схема технології холодного волочіння труб

У якості заготовок застосовують безшовні й зварені труби. Перед волочінням кінець труби довжиною 100 - 200 мм обжимається для того, щоб його можна було ввести у волоку.

Для виробництва прецизійних труб більших розмірів застосовують заготовки, отримані за допомогою гарячої прокатки, пресування або на трубозварювальних агрегатах, а для виробництва труб менших розмірів – після обробки на редуційних станах. Заготовки мають переважно розміри 32 x (3 – 6) мм до 130 x (4,5 – 18) мм, а після обробки на редуційних станах товщина не перевищує 2 мм, зовнішній діаметр - 20 мм. Заготовки труб малих розмірів, як правило, одержують холодною прокаткою.

При виробництві труб з деяких якісних сталей, а також з кольорових металів, можуть бути включені додаткові операції термічної обробки.

Особливі технологічні процеси розроблені також для виробництва труб спеціального призначення.

Безоправочне волочіння (осаджування) (рис. 2.50) труб зі сталей, кольорових металів і сплавів, полягає в тому, що внутрішня поверхня заготовки при протяганні не контактує з технологічним інструментом. Таке волочіння

звичайне здійснюють у дві волоки, перша з яких служить для центрування труби, а в другий здійснюється основне обтиснення труби по діаметру. Найчастіше його проводять для проміжних проходів з метою зменшення діаметра труб, що простягаються. У ряді випадків (трубки малого діаметра) його використовують і як оздоблювальну операцію.

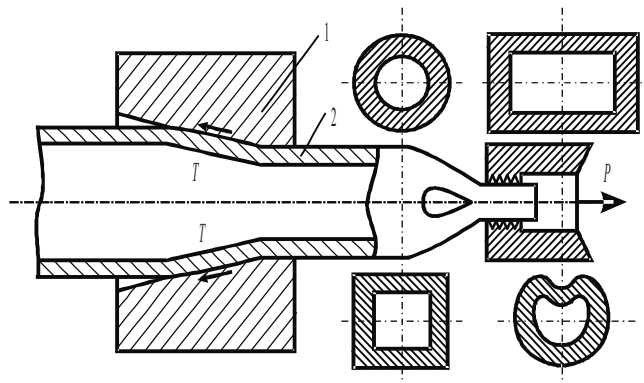


Рисунок 2.50 – Безоправочне волочіння

Перевага: 1) організація технологічного процесу в комбінації із процесами інтенсивного стоншення стінки (прокатки, оправочне волочіння, пресовані), що забезпечує одержання труб з досить точним зовнішнім діаметром і зменшеної різностінністю; 2) волочіння труб малого діаметра, де застосування оправочного волочіння утруднене з – за малого діаметра внутрішнього каналу (наприклад, капілярні труби), а також волочіння труб великої довжини в бухтах.

Недоліки: 1) низька якість внутрішньої поверхні труб; 2) більші відмінності в товщині стінки труби після волочіння; 3) можливість утвору поздовжніх складок (змінання) труби, а при волочінні в бухтах - овалізація труби при намотуванні її на прийомний барабан.

Волочіння на закріпленім оправленні (рис. 2.33, з). Застосовується для одержання труб зі строго лімітованими значеннями діаметра й стінки. Закріплена (коротка) оправлення найчастіше циліндричне, іноді їй надають циліндро - конічну форму, що поліпшує її центрування. Закріплені оправлення виконуються порожніми для труб великого діаметра й суцільними для тонкостінних труб меншого діаметра.

Переваги: 1) виходять труби досить точних розмірів; 2) простота їх виготовлення й відносна нескладність настроювання процесу волочіння.

Недоліки: 1) циліндричне оправлення лімітує величину внутрішнього діаметра; 2) доводиться застосовувати менші обтиснення за прохід, що знижує продуктивність; 3) Не можна простягати згорнуту в моток трубну заготовку; 4) Для одержання труб великої довжини доводиться використовувати волочильні стани з такою ж робочою довжиною, що створює певні незручності при експлуатації станів, а також при обробці й транспортуванню довгомірних труб

Волочіння на самоустановлювальнім оправленні (рис. 2.33, б, в, д). У трубну заготовку замість звичайного оправлення, прикріпленої до стрижня,

уводять вільне оправлення спеціальної форми, що включає дві циліндричні ділянки й розташований між ними конічна ділянка. Завдяки своїй формі оправлення під дією сил, що виникають між нею й трубою, автоматично встановлюється так, що між оправленням і волокою утворюється кільцева щілина, через яку простягається труба.

Цей процес, у зв'язку з його високою ефективністю, одержав велике поширення для волочіння труб невеликих діаметрів, які можна порівняно легко ухвалювати на барабани або котушки. Можливість застосування їх при волочінні труб на «лінійних» станах замість циліндричних закріплених оправленнях. Це дозволяє поліпшити якість внутрішньої поверхні труби в результаті зменшення сил тертя, а також розвантажити механізм кріплення оправлення.

Волочіння круглих труб на рухливим оправленні (рис. 2.33, е). Рухливе оправлення являє собою циліндричний стрижень. У трубу вводять круглий стрижень із твердої сталі з високою межею міцності. Довжина стрижня трохи більше довжини протягнутої труби, а діаметр рівний заданому внутрішньому діаметру цієї труби. Трубу разом з уведеним у неї стрижнем простягають через волоку, після чого стрижень витягають із труби. Сила волочіння звичайно додається одночасно до труби й до стрижня. Оправлення – стрижень у цьому процесі не деформується й рухається зі швидкістю, рівної вихідної швидкості руху труби.

Переваги: 1) зменшується поздовжнє розтягувальні напруги в деформуємому металі, у результаті чого можна здійснити більш високі деформації за перехід, чому при волочінні на закріпленім оправленні.

Недоліки: 1) спостерігається деяка нерівномірність деформації, у результаті якої швидкості виходу труби на окремих ділянках її поперечної перетину стає різною. Це приводить до спучування металу й з'являються на трубі надири; 2) оправлення щільно обхоплює трубу, що вимагає спеціальних приймань її відділення.

Волочіння на деформуємі оправці (сердечнику) (рис. 2.33, е).

Цей спосіб передбачає спільну пластичну деформацію сердечника й труби.

У якості сердечника можна використовувати будь-який металевий стрижень (з необхідною міцністю) або легкоплавкі сплави, що заливаються в трубу перед волочінням розплавлені, солі, воду, потім охолоджувану до льоду.

При такому сердечнику можна здійснити інтенсивну деформацію стінки труби (волочіння на рухливим оправленні) і зовсім виключити деформацію стінки, досягаючи тільки деформації сердечника - зменшення діаметрів труби. Пластичний сердечник після волочіння витягають, попередньо розтягуючи його до початку утвору шейки, а також виплавленням.

Область застосування: волочіння особливо тонкостінних труб і в бухтах. Рекомендується для виробництва труб малого діаметра з високим ступенем чистоти внутрішньої поверхні.

Вібраційне волочіння – волочіння з накладенням вібрацій на дріт або волоку, а в деяких випадках на дріт і волоку одночасно. При оптимальній частоті вібрацій порядку 200-500 Гц зусилля волочіння може поменшитися на 35 – 45 % за рахунок зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя в зоні деформації.

Ультразвукове волочіння пов'язане з накладенням ультразвукових коливань на метал, що простягається (труб), а в деяких випадках на дріт і волоку одночасно, що суттєво знижує його опір деформуванню й коефіцієнт тертя у вогнищі деформації. Цим самим збільшується швидкість волочіння й обтиснення, а також підвищується якість поверхні матеріалу.

Особливо ефективно застосування ультразвукових коливань для важко деформованих сплавів, у яких при високих швидкостях знижується пластичність, а при нагріванні відбувається деформаційне старіння.

Роздача круглих труб називається збільшення її внутрішнього й відповідно зовнішнього діаметра. Застосовують два способи роздачі: вдавненням або волочінням. Схеми способів показані на рисунку 2.51.

Роздача вдавненням у свою чергу ділиться на два різновиди.

При першій стрижень із оправленням діаметром, більшим, ніж внутрішній діаметр заготовки, запресовується в заготовку й збільшує її діаметр (рис. 2.51, а). Заготовка при цьому скріплюється на нерухливому упорі, а стрижень - на рухливій каретці, яка приводиться в рух здебільшого від гідравлічної системи. Після того як стрижень повністю введений у трубу й роздача кінчена, його витягають таким же методом, як і при волочінні труб на стрижні.

Другий різновид роздачі вдавненням полягає в протяганні через трубну заготовку оправлення, діаметр робочої частини якої більше внутрішнього діаметра заготовки (рис. 2.51, б). Передня частина оправлення конічна, що полегшує її введення в порожнину заготовки й центрування в ній.

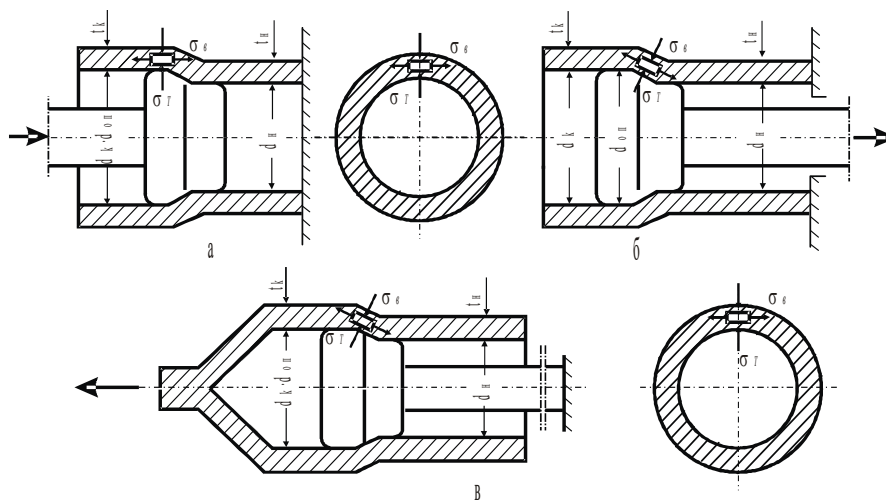


Рисунок 2.51 – Схеми способів роздачі труб: а - вдавненням оправлення; б - протяганням оправлення; в - волочінням

Перевага цього різновиду в порівнянні з першої полягає в можливості роздачі труб більшої довжини через підвищену стійкість усієї системи, а також у використанні для процесу роздачі волочильних станів простих конструкцій.

Роздачу на стрижні можна вести при порівняно невеликій відношенні довжини труби до її діаметра. При більших довжинах труб поява поздовжнього вигину порушує процес.

Роздача волочінням на закріпленім оправленні полягає в наступному. На кінці трубної заготовки, призначеної до роздачі, паралельно осі труби роблять чотири - шість прорізів довжиною 200 - 400 мм кожна, розташованих приблизно на рівних відстанях одна від іншої. Отримані клинчасті кінці відгинають у сторони таким чином, щоб у вирву, що утворювався, можна було ввести конічне оправлення (конусом до труби, що лунає). Після закріплення хвоста оправлення в упорі (рис. 2.51, в) відігнуті клинчасті кінці труби стискають у загальний вузол. При цьому вони закривають оправлення й утворюють захватку для протягання. Під час протягання трубна заготовка знаходить на нерухливе конічне оправлення й розширюється, її внутрішній діаметр стає рівним діаметру великої підстави оправлення.

Процеси роздачі в основному застосовують для одержання труб, діаметр яких більше діаметра заготовки, а також для калібрування внутрішнього контуру труб при незначній збільшенні їх діаметра.

Сучасні *волочильні відділення* включають: склад заготовок, пристрою для закування кінців труб, травильне відділення, багатониточні, барабанні або комбіновані стани, печі для відпалу, адьюстаж із правильними машинами, пилками, шліфувальними й фрезерними верстатами, іспитовими машинами й машинами для обв'язки й упакування труб.

3 ТЕХНОЛОГІЯ КУВАННЯ ТА ШТАМПУВАННЯ

3.1 Зміст і порядок розробки технологічних процесів

Розробка технологічних процесів холодного листового штампування є основою всієї підготовки виробництва.

Порівняльна складність і тривалість підготовки виробництва, а також відносно висока вартість штампів вимагають ретельної розробки технологічних процесів і обґрунтованого вибору технічно раціонального й економічно найбільш ефективного варіанта технологічного процесу, який відповідає даному масштабу виробництва. Навіть невеликі зміни технологічних процесів як правило приводять до переробки штампів, тобто до проектування і виготовлення нових, що вимагає значного часу й обходиться досить дорого.

Розробка технологічних процесів холодного листового штампування складається з наступних етапів:

аналіз технологічності форми або конструктивних елементів деталі;

визначення форми й розмірів заготівлі, а також витрат матеріалу при найкращому його використанні;

розробка найбільш раціонального технологічного процесу, що забезпечує виготовлення необхідних деталей;

встановлення типу, потужності й габаритів необхідного устаткування;

виявлення типу й технологічної схеми штампа (спосіб подачі заготівлі і знімання деталі, тощо);

визначення трудомісткості виготовлення деталей, які штампуються, а також кількість і розряд штампувальників;

7) визначення кількості устаткування і його завантаження на програму.

При розробці технологічних процесів холодного листового штампування повинні бути вирішені наступні технологічні питання:

1) визначення найвигіднішого розкрою матеріалу й найменших розмірів заготівлі;

2) установлення характеру, кількості й послідовності операцій;

3) вибір ступеня складності (суміщеності) операції;

4) установлення кількості одночасно штампованих деталей;

5) визначення операційних розмірів і встановлення операційних допусків.

Якщо точні операційні розміри не можуть бути отримані розрахунковим методом, то вони даються приблизно, із вказівкою на необхідність експериментальної перевірки, після чого технологічні процеси коригуються.

Звичайно зазначені питання можуть бути вирішені декількома варіантами, причому основним завданням технолога є вибір найбільш раціонального та ефективного варіанта для даного конкретного випадку, який характеризується рядом технічних і економічних ознак.

Основними технічними ознаками, що впливають на вибір варіанта технологічного процесу, є: механічні властивості й товщина матеріалу, ступінь складності конфігурації деталі і її габаритів, необхідна точність деталі, місце розташування отворів і точність відстані між їхніми осями й т. ін.

Основною економічною ознакою, від якого залежить рішення питання економічної доцільності того або іншого варіанта, є серійність виробництва (масове, крупно - або дрібносерійне).

3.2 Розкрій матеріалу та величина перемичок

Економія металу й зменшення відходів у холодному листовому штампуванні мають досить важливе значення, особливо в крупно серійному і масовому виробництві, тому що при більших масштабах виробництва навіть незначна економія металу на одному виробі дає в підсумку більшу економію.

Економія металу в холодному штампуванні досягається наступними засобами:

- найбільш доцільним розкром листів на штучні заготівлі або смуги з найменшими відходами;

- найбільш оццадливим розкром смуг і розташуванням деталей, що вирізуються, на смугі;

- зменшенням витрат металу на перемички;

- застосуванням так званого безвідхідного й маловідхідного розкрою;

- підвищенням точності розрахунку розмірів заготівель і зменшенням припусків на обрізання;

- використанням відходів для виготовлення інших деталей, тощо.

Розкрій листового металу на штучні заготівлі й смуги є першою операцією, пов'язаною із втратами металу у вигляді обрізків з невикористанням відходів. При розкрої листів необхідно керуватися наступними правилами.

Різання заготівель робити згідно з ретельно розробленими розкрійними картами, що враховують найбільш повне використання матеріалу.

При різанні великих заготівель у серійному виробництві застосовувати комбінований розкрій при найкращому використанні матеріалу й дотримання компактності заготівель.

Різання вузьких смуг робити уздовж листа (якщо не потрібно поперечного розкрою), тому що при цьому з кожної смуги виходить велика кількість деталей і зменшується кількість кінцевих відходів смуги.

Як правило, бажано різати широкі, а не вузькі смуги (розташовуючи відповідно деталі на смузі), тому що при цьому потрібна менша кількість порізів, а також менший крок подачі при штампуванні; крім того, звичайно зменшуються витрати на кінцеві відходи.

5. У масовому виробництві великих деталей замовляти спеціальні мірні листи, кратні двом або більше заготівлям.

6. В масовому виробництві невеликих деталей замінити листовий матеріал стрічкою.

7. При заготівлі для деталей, що піддаються гнуттю, бажано враховувати напрям прокату. Це правило найчастіше виконується без дотримання напрямів прокату, що приводить нерідко до неприпустимих втрат матеріалу. Необхідно пам'ятати, що такий розкрій не повинен приводить до великої кількості відходів (ця умова не поширюється на тверді і мало пластичні матеріали). При штампуванні пластичних металів правило обліку волокон поширюється тільки на випадок вигину з дуже малим радіусом і не розповсюджується на вигин з більшими радіусами, і не розповсюджується на практиці. Якщо розташування лінії вигину поперек волокон то це приводить поганому використанню матеріалу, варто збільшити радіус згину і тоді дотримання цього правила не обов'язково.

8. При різанні на ножицях застосовувати спеціальні пристрої, що полегшують настройку і підвищують точність різання. В масовому і крупносерійному виробництві рекомендується застосувати комплексні установки для автоматичного різання і сортування смуг. Крім різання смуг на гільйотинних ножицях, виробляється різання крупних штучних заготівель прямолінійних обрисів (карток) прямокутної трапецеїдальної, ромбовидної і трикутної форм (рис. 3.1),

Інше різання виробляється по задньому (рис. 3.1, *a*), передньому (рис. 3.1, *б*), доповненому (рис. 3.1 *в*) упорам, а також по їх взаємним комбінаціям (рис. 3.1, *в*, *д*, *е*).

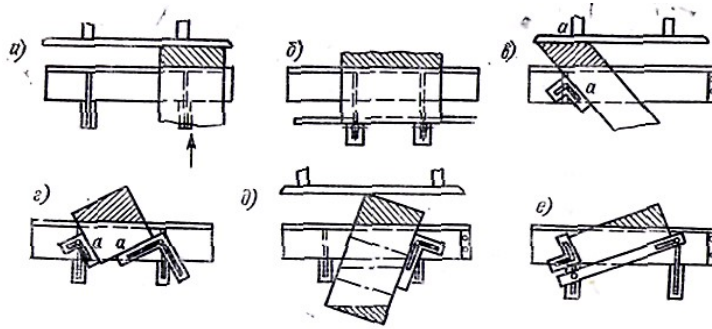


Рисунок 3.1 – Різання штучних заготівель на гільйотинних ножицях

У спеціалізованому масовому виробництві, наприклад, при виготовленні консервних банок, застосовують спеціальні ножиці для фігурного різання смуг (рис. 3.2).

Ці ножиці виконують дві операції: обрізають поперечні кромки аркуша за допомогою дискових ножів і ріжуть лист на фігурні смуги за допомогою вирубного пуансона й матриці. Різання фігурних заготівель дає економію металу від 3 до 6%. Нарізані фігурні смуги надходять на штампувальний автомат з автоматичним подаванням смуг.

У дрібносерійному виробництві листи розрізаються на криволінійні заготівлі по розмітці або по шаблонах на роликкових, або вібраційних ножицях.

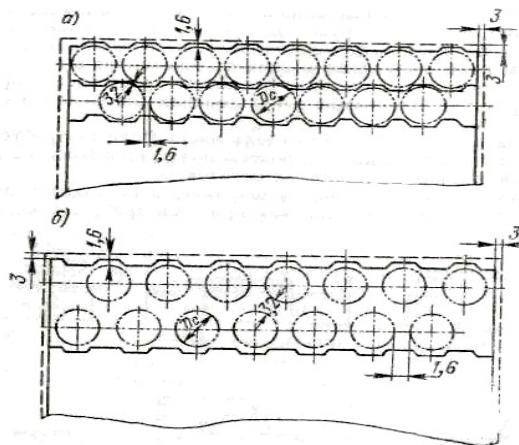


Рисунок 3.2 – Схема розкрою жерстин на фігурних ножицях: *a* – однорядний *б* – дворядний розкрій

У масовому й крупно серійному виробництвах невеликих деталей розкрій листів на вузькі смуги не представляє значних ускладнень, тому що велика кількість листів ріжеться на смуги однакових розмірів, при цьому розміри відходів звичайно невеликі.

Значно ускладнюються розкрій листів у серійному виробництві великогабаритних деталей, коли потрібно розрізати кілька листів на невелику кількість різнотипних заготівель. У цьому випадку повинен бути застосований метод комбінованого розкрою, що дозволяє одержати найкраще використання матеріалу; при дотриманні заданої комплектності. На рисунку 3.3 зображений розкрій листів для двох прямокутних деталей, здійснений зазначеним методом, де потрібно деталей 1 в кількості 12 шт., а деталь 2 - у кількості 6 шт. на комплект.

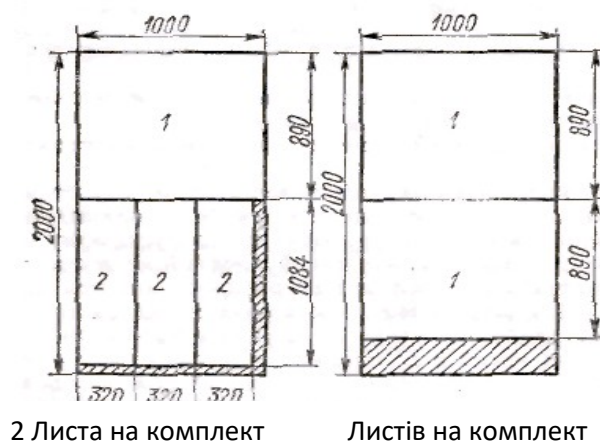


Рисунок 3.3 – Комбінований розкрій листів при дотриманні комплектності

Відхід розміром 220x1000 мм використовується для інших замовлень. Даний варіант розкрою є найбільш ощадливим із всіх можливих. Так, різання шести листів на деталь буде неприйнятним, оскільки із сьомого листа, що залишився, не викроїти шість *деталей 2*. У випадку розкрою листів на великі смуги необхідно робити різання з урахуванням кратності довжини смуги розмірам деталі, що вирізується. Це дозволяє використовувати некратний залишок на різання смуг для інших деталей, а не викидати його разом з невикористаними кінцями смуг.

3.3 Розкрій смугового матеріалу в процесі штампування

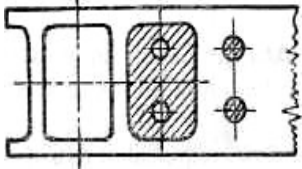
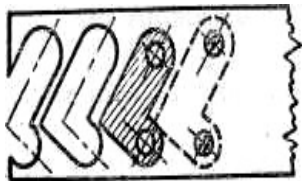
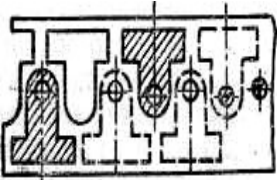
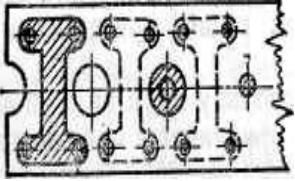
Різні способи розкрою смугового матеріалу по економічності й величині технологічних відходів можуть бути розділені на три види: *розкрій з відходами*, коли вирізка відбувається по всьому контуру деталі, а перемичка має замкнуту форму; *маловідходний розкрій*, коли вирізьблюється або відрізається тільки частина контуру деталі, а у відхід іде або перемичка між двома вирізками, або тільки бічна перемичка; *безвідхідний розкрій*, деталь, що вирізується коли, виходить шляхом прямолінійної або криволінійної відрізки без утворення перемичок. У даному випадку маються на увазі технологічні відходи, що

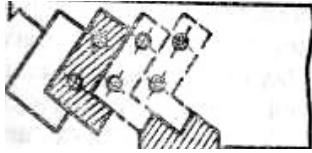
залежать від типу розкрою й способу штампування даної деталі. Відходи від пробивання отворів або вікон, а також відходи на початку й кінці смуги, що впливають на загальний коефіцієнт використання металу й норму його витрати, залежать винятково від конструкції деталі і не характеризують самого способу розкрою. Ці відходи неминучі й майже незмінні при будь-якому способі розкрою.

Для економії металу основне значення мають технологічні відходи, залежні від способу розкрою й визначають його економічність.

Застосовувані на практиці найголовніші способи розкрою можуть бути також класифіковані за способами розташування вирубаних деталей на смугі відповідно до конфігурації деталі й зведені до основних типів, наведених у таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Основні типи розкрою з відходами

Тип розкрою і ескіз	Застосування розкрою	Спосіб подачі матеріалу
<p>Прямий</p> 	Для деталей простої геометричної форми (прямокутної, круглої, квадратної)	Ручна або автоматична подача
<p>Похилий</p> 	Для деталей Г-Образної або іншої складної конфігурації, які при прямому розташуванні дають більші відходи металу	
<p>Зустрічний</p> 	Для деталей Т-, П-, Ш-Образної конфігурації, які при прямому й похилому розташуванні дають більші відходи	
<p>Комбінований</p> 	Для двох різних деталей, однакових по товщині й марці металу, у крупно серійному і масовому виробництві	Автоматична подача
<p>Багаторядний</p>	Для деталей невеликих розмірів у крупно серійному і масовому виробництві	Ручна, частіше автоматична подача



<p>З вирізкою перемичок</p>	<p>Для дрібних і вузьких деталей (годинникові стрілки й подібні деталі) або для послідовної витяжки в стрічці при крупносерійному і масовому виробництві</p>	<p>Ручна, частіше автоматична подача</p>

Таблиця 5.2 – Основні типи маловідходних і безвідходних розкроїв

Тип розкрою і ескіз	Застосування розкрою	Спосіб подачі матеріалу
<p>Прямий</p>	<p>Для деталей прямокутної, або трапецеїдеальної конфігурації</p>	
<p>Похилий</p>	<p>Для деталей Г- Подібної або іншої конфігурації, що допускають невеликі дефекти контуру</p>	<p>Ручна подача до упору (можливо по дві штуки за один хід преса)</p>
<p>Зустрічний</p>	<p>Для деталей Т-Т-, П-, Ш- Подібних конфігурацій, що допускають невеликі дефекти контуру</p>	
<p>Комбінований</p>	<p>Для двох різних деталей, взаємно вписаних по конфігурації</p>	<p>Ручна подача до упору (можливо по дві штуки за один хід преса)</p>
<p>Багаторядний</p>	<p>Для деталей прямокутної, квадратної або шестигранної конфігурації невеликих розмірів у крупносерійному і масовому виробництві</p>	<p>Ручна подача до упору (можливо по декілька штук за один хід преса)</p>
<p>З вирізкою перемичок</p>	<p>Для деталей подовженої форми, виготовлених з мірної смуги або</p>	<p>Ручна або автоматична</p>

	<p>стрічки, без обрізки уздовж довгих сторін</p>	<p>подача до упору</p>
--	--	------------------------

Особливий тип розкрою, що сполучає штампування але декількох штук за один хід преса, з прямим або похилим розташуванням вирізок застосовується при *однорядному послідовно-паралельному штампуванні* вузьких деталей (рис. 3.4). Цей спосіб полягає в однорядному розташуванні по довжині смуги декількох вирізаних і стількох же пробивних пуансонів, з певними інтервалами між ними (табл. 3.3) в запобіганні пропусків у стрічці або вторинного влучення пуансонів у вже пробите вікно.

Цифрами на рисунок 3.4 зазначені послідовність виконання операцій і положення пуансонів. На початку смуги виходить по одній деталі без пробитих отворів.

Оцінку економічності того або іншого типу розкрою варто робити враховуючи коефіцієнт розкрою:

$$K_p = \frac{f_{\sigma p}}{Bh} 100\%, \quad (3.1)$$

де f_0 – площа поверхні деталі (включаючи дрібні не використовуванні отвори); h – крок вирубки (розкрою); B – ширина смуги; n_p – кількість рядів розкрою.

Найбільш економічним буде розкрій з найбільшим значенням K_p або з можливо меншою величиною Bh (площа заготівлі, що доводиться на одну деталь).

При одночасній вирізці двох різних деталей замість площі f_0 береться сума площ обох деталей $f_1 + f_2$. Це відноситься до випадку вирізання двох деталей за рахунок використання внутрішнього отвору однієї з них (пластини статора й ротора електродвигунів, тощо).

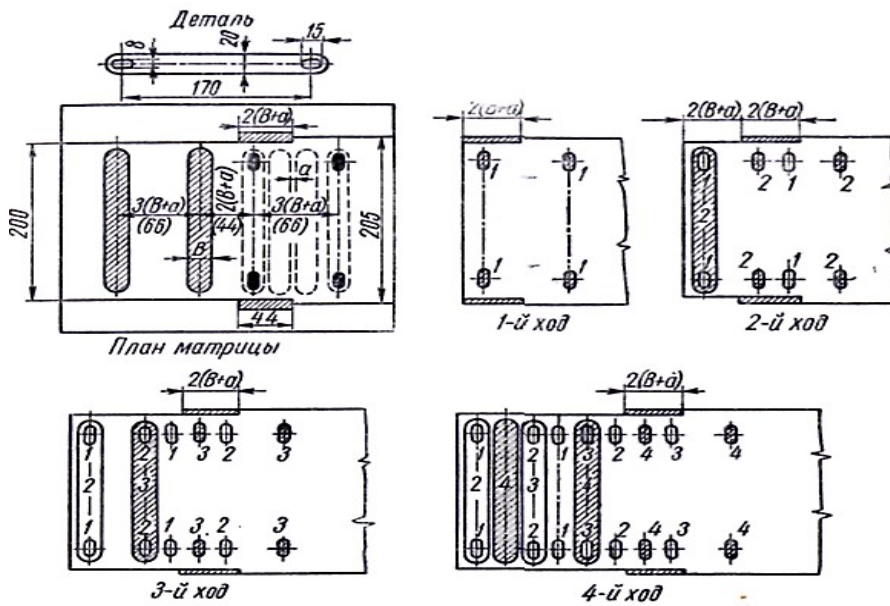


Рисунок 3.4 – Однорядна послідовно-паралельне штампування по дві деталі одночасно

Однак коефіцієнт K_p не дає повного знання про загальну величину використання металу. Остання визначається загальним коефіцієнтом використання металу K_u . При штампуванні зі смуги або стрічки де f - площа деталі без отворів; n – кількість фактичних деталей, одержуваних зі смуги, з врахуванням не використовуваних кінцевих відходів; L - довжина смуги або стрічки; B — ширина смуги або стрічки.

Якщо кінцеві відходи відсутні, то:

$$n = \frac{L}{h} i K_u = \frac{f}{Bh} 100\%. \quad (3.2)$$

У випадку листової заготівлі або різання аркуша на смуги для однакових деталей:

$$K_u = \frac{fm}{AC} 100\%. \quad (3.3)$$

де m – кількість деталей, одержуваних з листа, з обліком не використовуваних кінцевих відходів кожної смуги й відходів при різанні листів на смуги; A – довжина листа; C – ширина листа.

Таблиця 3.3 – Інтервали між пуансонами при різній кратності штампування

Кратність штампування	Крок подачі	Відстань між осями пуансонів		
		вирізних	пробивних	вирізних і пробивних
Дворазова	$2h$	$3h$	$3h$	$2h$
Трикратна	$3h$	$2h$	$2h$	
Чотириразова	$4h$	$3h$	$3h$	
П'ятикратна	$5h$	$2h$	$2h$	
Примітка, h — крок розкрою, дорівнює сумі ширини деталі й перемички.				

Якщо лист розкроюється на смуги для двох або декількох різних деталей, то загальний коефіцієнт використання металу визначається наступним чином:

$$K_u = \frac{f_1 m_1 + f_2 m_2 + \dots + f_n m_n}{AC} 100\%. \quad (3.4)$$

На рисунку 3.5 наведена залежність коефіцієнта використання металу від кількості рядів при багаторядному вирубіванні круглих заготовель і шаховому способі розкрою. Коефіцієнт використання металу підвищується при збільшенні числа рядів вирубівання і при зменшенні перемички.

Як видно на рисунку 3.5, значне підвищення коефіцієнта використання металу спостерігається при збільшенні числа рядів до семи. Подальше збільшення числа рядів дає порівняно невелику економію металу.

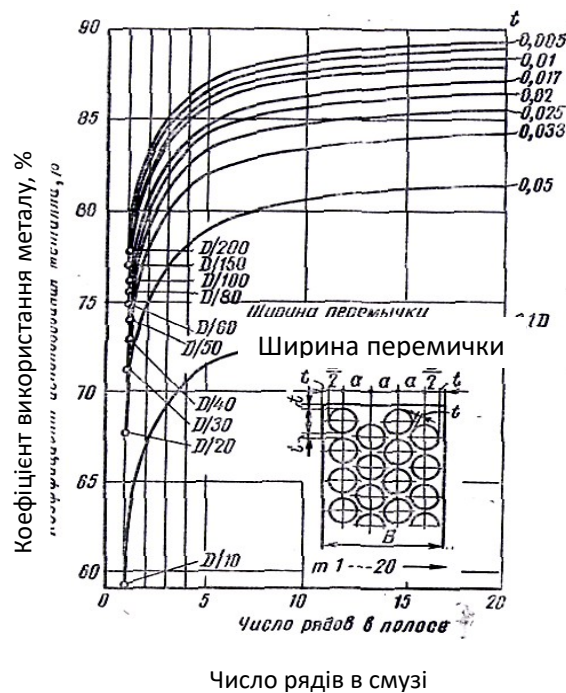


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта використання металу при багаторядному вирубуванні від числа рядів в смузі

Величина перемичок вибирається залежно від товщини штампованого металу, як зазначено нижче.

3.4 Величина перемичок і застосування безвідхідного й маловідхідного розкрою

Економічність розкрою в значній мірі залежить від правильного вибору величини перемичок. Основне призначення перемичок - компенсувати погрішності подачі матеріалу й фіксації його в штампі для того, щоб забезпечити повне вирубування деталі по всьому контуру й запобігти одержанню бракованих деталей. Крім того, перемички повинні мати достатню міцність і твердість, необхідні для подавання матеріалу.

Отже, величина перемичок залежить від наступних факторів:

- 1) товщини й твердості матеріалу;
- 2) розмірів і конфігурації деталей;
- 3) типу розкрою (прямий, зустрічний і т. ін.);
- 4) способу подачі смуги (з бічним притиском або без нього);
- 5) типу упору (нерухливий, рухливий, кроковий ніж, уловлювачі).

Зменшення величини перемичок є досить ефективним заходом, тому що перемички являють собою втрату металу у відхід, що досягає іноді 40 - 50%. Особливо великі втрати на перемички при вирубці товстостілових деталей, тому що для товстих матеріалів застосовуються більше широкі перемички, що дає збільшення відходів пропорційно товщині й ширині перемичок.

Зменшення перемичок може бути досягнуто різними способами, наприклад, застосуванням бічного притиску смуги, в результаті чого значення бічної перемички може бути взято меншим, або шляхом точної фіксації стрічки, уловлювачами. У таблиці 3.4 наведені перевірені в масовому виробництві величини перемичок для основних випадків вирубування.

При застосуванні кліщової автоматичної подачі матеріалу величина перемичок може бути зменшена на 10 - 20%, а при роботі із гачковою подачею - збільшена на 10% у порівнянні з даними таблиці 3.4.

При багатоопераційному послідовному витягуванні в стрічці перемички беруться дещо більшими. Відстань між надрізами або ширина вирізних перемичок відповідно береться 1,5-2,5 мм. Значення бічних перемичок при послідовній витяжці в стрічці наведені в таблиці 3.5.

На рисунку 3.7 показані типи розкрою й надрізів при багатоопераційному послідовному штампуванні (гнуття й витягування) у стрічці.

Таблиця 3.4 – Найменша величина перемичок

Товщина матеріалу, мм	Перемичка, мм		Товщина матеріалу, мм	Перемичка, мм	
	a і b	a_1 і b_1		a і b	a_1 і b_1
0,3	1,4	2,3	4,0	2,5	3,5
0,5	1,0	1,8	5,0	3,0	4,0
1,0	1,2	2,0	6,0	3,5	4,5
1,5	1,4	2,2	7,0	4,0	5,0
2,0	1,6	2,5	8,0	4,5	5,5
2,5	1,8	2,8	9,0	5,0	6,0
3,0	2,0	3,0	10,0	5,5	6,5
3,5	2,2	3,2			

Позначення: a — перемичка між вирізами для невеликих деталей простої форми (рис. 3.6, /); a_1 - перемичка між вирізами для більших за розмірами деталей та деталей складної конфігурації (рис. 3.6. //); b - бічна перемичка при роботі з боковим притиском смуги; b_1 - те ж при роботі без бічного притиску.

Зазначені в таблиці 3.5 перемички не використовуються при штампуванні на спеціальних пресах-автоматах. На цих автоматах застосовується ланцюговий спосіб розкрою (рис. 3.8, a , b), що дає звичайно більші відходи матеріалу. При штампуванні дрібних прецизійних деталей на швидкохідних пресах-автоматах також застосовується ланцюговий розкрій.

Таблиця 3.5 – Бічні перемички при послідовному витягуванні в стрічці

Розміри заготовель, мм	Значення перемичок при витягуванні, мм	
	в цілій стрічці	з надрізами заготовлі
До 1,0	1-1,5	1,5-2,0
10-30	1,5-2,0	2,0-2,5
Св. 30	2,0-2,5	3,0-3,5

У таблиці 3.6 зазначена ширина кромки, що зрізується бічним кроковим ножом. Вона повинна бути більше погрішності різання смуг або допусків по ширині стрічки. Слід, по можливості, відмовитися від застосування бічного крокового ножа як способу обмеження подачі матеріалу, тому що одержуване при цьому збільшення продуктивності пов'язане із зайвою втратою металу.

Таблиця 3.6 – Ширина кромки, що зрізується бічним ножом

Товщина матеріалу, мм	Ширина кромки, мм
-----------------------	-------------------

До 1,0	1,5
1,5-2,5	2,0
2,5-3,5	2,5

Бічні крокові ножі варто застосовувати в трьох випадках:

1) коли вони не тільки є способом обмеження подачі матеріалу, і одночасно роблять фігурну обрізку бічного контуру деталі;

коли не можна застосувати інший тип упору, наприклад, у деяких випадках маловідходного штампування;

коли бічний ніж можна розташувати у відході смуги (рис. 3.6), оскільки у цьому випадку не потрібно збільшення її ширини. Ця конструкція застосовується у випадку досить твердого відходу.

У більшості випадків замість бокових крокових ножів можуть бути застосовані інші типи упорів (автоматичний, напівавтоматичний або упор у вигляді бокової засувки, що фіксує по кутовій кромці).

При багатоопераційному послідовному витягуванні в лепті застосування бокових крокових ножів також не викликає необхідність, тому що отримана на перших переходах сферична опуклість у стрічці дозволяє центрувати її по гніздах матриць наступних переходів, доки стрічка не дійде до постійного упору.

Найбільше значення для економії металу має широке застосування безвідхідного й маловідходного розкрою, або, як прийнято говорити, безвідхідного та маловідходного штампування. Донедавна ці способи штампування застосовували головним чином при виготовленні грубих деталей з порівняно товстого матеріалу в дорожньому і сільськогосподарському машинобудуванні, у вагонобудуванні, тощо. Тому створилося помилкове враження, що для більш точних деталей або деталей, виготовлених з більше тонкого матеріалу, ці способи штампування не можуть бути застосовні.

На рисунку 3.10 наведені схеми маловідходного послідовного штампування дрібних квадратних і шестигранних гайок по 6 штук за кожний хід преса при двох кроковому подаванні, причому чотири гайки вирубуються на провал, а дві залишаються на поверхні штампа.

3.5 Визначення ширини нарізаних смуг

Значення бічних перемичок, зазначені в табл. 3.4, є наближеними, оскільки у дійсності вони залежать не тільки від способу роботи (з бічним притиском або без нього), але й від допусків по ширині смуги.

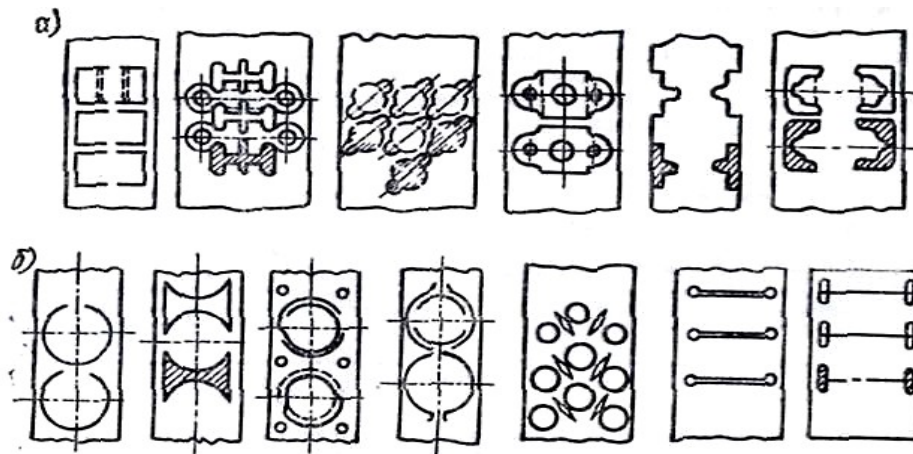


Рисунок 3.7 – Типи розкрою до надрізів при послідовному штампуванні в стрічці різних деталей: *a* – для послідовного гнуття; *б* – для послідовного витягування.

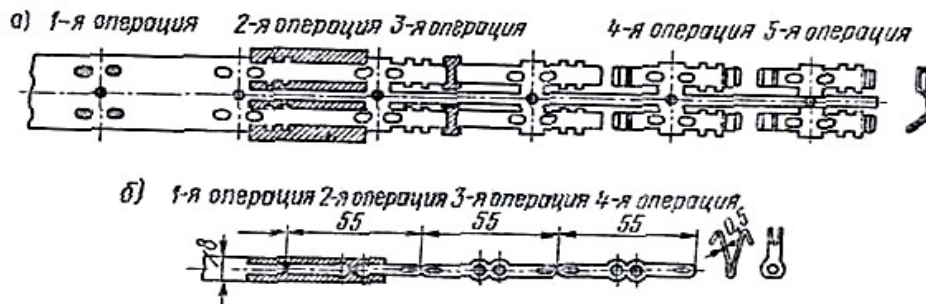


Рисунок 3.8 – Ланцюговий метод розкрою при штампуванні на спеціальних штампувальних автоматах

Підрахунок номінальної ширини смуги роблять виходячи з умови збереження мінімально необхідної бічної перемички *b* при різних способах подачі й допусках по ширині смуг, нарізаних на ножицях.

На рисунку 3.11 зображені схеми для підрахунку номінальної ширини смуги для штампування з бічним притиском і без бічного притиску при мінусовому направленні допуску по ширині смуги.

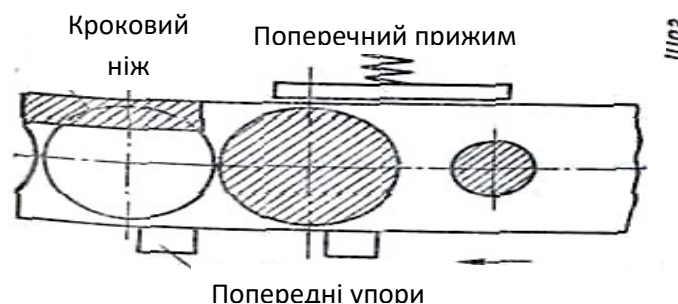


Рисунок 3.9 – Розташування крокового ножа в відході смуги

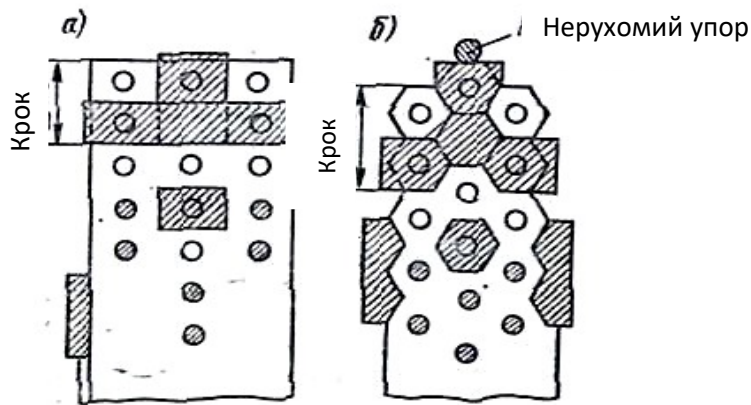


Рисунок 3.10 – Послідовне маловідходне штампування квадратних (а) і шестигранних (б) гайок по 6 штук одночасно

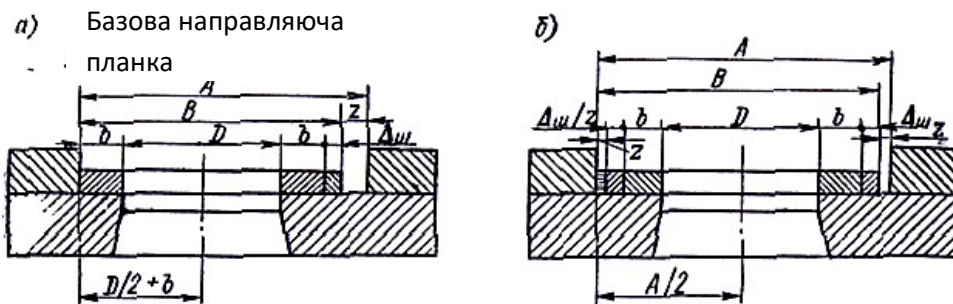


Рисунок 3.11 – Схеми для підрахунку номінальної ширини смуги: а – штампування із боковим прижимом; б – штампування без бічного притиску.

Розрахункові формули для визначення номінальної ширини смуги й провіту між напрямними штампами наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Формули для підрахунку номінальної ширини смуги

Спосіб подачі	Номінальна ширина полоси	Провіт між направляючими штампу
З боковим прижимом смуги (рис. 6.11, а)	$B = D + 2b + \Delta_m$	$A = B + z = D + 2b + \Delta_m + z$
Без бокового прижиму (рис. 6.11, б)	$B = D + 2(b + \Delta_m) + z$	$A = B + z = D + 2(b + \Delta_m + z)$

Позначення: В - номінальна ширина смуги; А - зазор в направляючих штампу;
 D - розмір деталі що вирубується (поперек смуги); - найменша величина бокової перемички; г - гарантійний зазор між напрямними і найбільшою

можливою шириною смуги; Δ_m - однобічний (мінусовий) допуск на ширину смуги

При роботі з бічним притиском номінальна ширина смуги буде меншою, ніж при роботі без бічного притиску, на суму гарантійного зазору й допуску на ширину смуги. Для масового виробництва це має й економічне значення, тому що дає істотну економію матеріалу.

Для матеріалів товщиною менше 0,3 мм бічні притиски не застосовуються.

Основні правила підрахунку номінальної ширини смуги;

номінальна ширина смуги залежить від допуску, включаючи останній у вигляді збільшення до ширини;

при штампуванні з бічним притиском номінальна ширина смуги не залежить від гарантійного зазору, що дозволяє застосувати стрічки або смуги менш точні по ширині;

3) при штампуванні без бічного притиску номінальна ширина смуги залежить від зазору, що повинен бути витриманий у можливо менших межах, інакше може відбутися вихід контуру вирізки за край смуги.

У таблиці 3.8 приводяться значення окремих величин, що входять у формули для підрахунку ширини смуги, а в таблиці 3.9 - допуски на ширину смуг, нарізаних на гільйотинних ножицях.

Таблиця 3.8 – Значення гарантійного зазору при штампуванні без бічного притиску смуги

Ширина смуги, мм	Значення зазору (мм) в залежності від типу розкрою, мм	
	Однорядний	Зустрічний
До 100	0,5-1,0	1,5-2,0
Св. 100	1,0-1,5	2,0-3,0

Примітка. При однорядному типу розкрою більше значення – для більшої товщини матеріалу.

Таблиця 3.9 – Допуски на ширину смуг, нарізаних на гільйотинних ножицях, мм

Ширина смуги, мм	Допуски в мм (-) в залежності від товщини матеріалу, мм			
	До1	1-2	2-3	2-5
До 100	0,6	0,8	1,2	2,0
Св. 100	0,8	1,2	2,0	3,0

Отримані результати підрахунку ширини смуги варто округляти до 0,5 або 1 мм у більшу сторону.

3.6 Використання відходів і інші методи економії металу

У боротьбі за економію металу велике значення має використання відходів для виготовлення більш дрібних деталей. Це дозволяє відмовитися від замовлення листового металу на ці деталі й значно підвищує загальний коефіцієнт використання металу на виробництві.

На (рис. 3.12, *а*, *б*) показана зміна конфігурації зубчастого колеса велосипеда. Це дозволило використовувати відходи від вирізаних вікон, як заготовлі для штампування кришок голчастого підшипника (рис. 3.12, *в*).

Особливо ефективне використання відходів у виробництві, що має великогабаритні відходи листового металу. У зв'язку з тим що іноді відходи виходять деформованими, то на деяких заводах їх піддають попередньому виправленню на спеціальних вальцях, однак продуктивність при штампуванні відходів знижується, однак вартість зекономленого матеріалу покриває зайві трудові витрати.

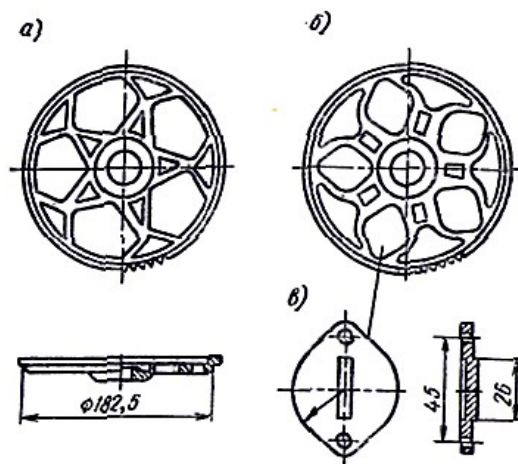


Рисунок 3.12 – Зміна конфігурації провідної зубчатки велосипеда

3.7 Основи побудови технологічних процесів холодного листового штампування

При побудові процесів листового штампування варто вирішити основні технологічні питання: установити характер, кількість, послідовність і собівартість операції холодного штампування.

Характер операцій визначається в основному геометричною формою й конфігурацією штампованих деталей, станом їх поверхні (гладка або рельєфна), кількістю вирізів або отворів і т. ін.

Кількість і послідовність операцій визначаються конфігурацією й сполученням конструктивних елементів деталі, необхідною точністю й необхідністю дотримання баз обробки.

Різноманіття конфігурацій, що зустрічаються на практиці, і різних сполучень конструктивних елементів разом з різноманітними технічними вимогами й економічними передумовами не дозволяє встановити типові рішення, застосовне для будь-якого випадку. Тому можуть бути дані лише наступні загальні принципи й технологічні рекомендації.

Як правило, необхідно прагнути до найменшої кількості операцій і збільшенню їхньої продуктивності. Виключенням може бути штампування в дрібносерійному виробництві в тому випадку, якщо зменшення кількості операцій приводить до необхідності виготовлення складних дорогих штампів.

При штампуванні плоских деталей з більшою кількістю близько розташованих отворів доцільно робити пробивання отворів рядами; пробивання великої кількості бічних отворів на витягнутих виробах групами з автоматичним поворотом виробу за кілька ходів преса, але із застосуванням простих і стійких штампів; пробивання ряду бічних отворів у великих деталях - за одну операцію клиновим штампом.

В ряді випадків послідовність операцій залежить від необхідної точності окремих елементів виробу. Так, при виготовленні вигнутої деталі з отворами у випадку невисокої точності положення отворів щодо бази пробивання їх варто робити в плоскій заготівлі; при високій точності, що перевищує погрішності при гнутті, пробиванні отворів, як правило, варто робити після гнуття.

При виготовленні складно вигнутих деталей замкнутої або напів-замкнутої конфігурації кількість операцій гнуття і їхня суміщеність залежать від форми деталі, необхідної точності й економічної доцільності застосування дорогих складних штампів для гнуття (клинових, шарнірних і т. ін.).

Кількість послідовних операцій витяжки залежить від відносної глибини деталі й визначається загальновідомими методами по оптимальній величині коефіцієнтів витягування (див. табл. 3.10).

У більшості випадків після глибокої витяжки необхідно робити обрізку краю деталі так само, як і після холодного видавлювання.

При підвищених вимогах до геометричної форми плоских деталей слід передбачати їхнє виправлення в штампах.

Для деталей, що вимагають підвищеної чистоти поверхні зрізу, варто застосовувати зачищення після вирубки або чистову вирубку.

При виготовленні порожнинних деталей із фланцем, але без дна варто віддавати перевагу операції відсортовування перед витягуванням. У випадку високої стінки борта бажано застосувати неглибоке витягування з наступним пробиванням і відбортовуванням дна або відбортовування з потоншенням стінок.

10. При виготовленні порожнинних або гнутих деталей з гострим кутом замість закруглення необхідно після витягування або гнуття застосувати операцію калібрування.

Найбільш відповідальним завданням, що стоїть перед технологом при розробці технологічних процесів холодного штампування, є вибір *ступеня суміщеності* операцій, і рішення питання про те, чи застосовувати складні й дорогі комбіновані штампи, що виконують відразу кілька операцій, або застосовувати роздільне поопераційне штампування простими й більше дешевими штампами.

При виготовленні дуже дрібних деталей доцільно застосовувати комбіновані штампи, що дають повністю закінчені деталі, тому що поопераційне штампування з установкою заготівель вручну пінцетом недостатньо продуктивні й небезпечні. Складні комбіновані штампи виявляються доцільними й у випадку штампування досить великих деталей, тому що один великий сполучений штамп обходиться дешевше, ніж два такі ж великих одно операційних штампи, крім того при цьому зменшуються складські площі.

У більшості інших випадків при дотриманні всіх вимог технологічного характеру виготовлення штампованих деталей може бути здійснено різними технологічними способами й варіантами технологічного процесу.

3.8 Удосконалені технологічні переходи і процеси кування

Розглянемо технологічні процеси кування в порядку зростання ступені їх спеціалізації й удосконалення виробництва кувань. Спочатку дані приклади кування на пресах, а потім – на молотах. Раціоналізацію виготовлення кувань здійснюють у різних напрямках, основні з них полягають у наближенні конфігурації кувань до форм деталей і зменшенні трудомісткості їх виробництва. Крім економії металу, це звичайно супроводжується збільшенням продуктивності праці, скороченням технологічного циклу й підвищенням якості кувань.

При куванні можна розрізнити дві групи кувань. В одну з них входять кування масою від кількох сотень грамів до сотень кілограмів, які не підлягають штампуванню тільки через невелику серійність виробництва, коли витрати на штампи не окупаються й економічно більш доцільна ковка.

Удосконалювання процесів виготовлення таких кувань полягає в уніфікації відповідних деталей, групуванні кувань по типах, кооперуванні замовлень на однотипні кування й в інших засобах укрупнення серійності виробництва з метою забезпечення окупності спеціалізованих пристосувань і підкладного інструмента кувального встаткування або, що закріплюється штампового інструмента при переході на штампувальне встаткування. В іншу групу входять великі кування деталей машин масою від 3-5 т до сотень тонн, для яких кування – єдиний спосіб металообробки тиском незалежно від серійності їх виробництва внаслідок обмежених потужностей штампувального встаткування. При переході від кування до штампування даного кування потужність устаткування підвищується в 5-10 раз.

Сучасний ковальський агрегат для злиwkів будь-якого необхідного розважування являє собою систему програмованого взаємодії маніпулятора для заготовки, перестановочного пристрою для зміни інструмента й пресової установки, обладнаної автоматизованим пристроєм для забезпечення й контролю величини ходів по заданому режиму. Подібного виду ковальський комбайн уже створений. Наявні металургійні печі, що й споруджуються, дозволяють виготовляти зливки масою в сотні тонн. На Іжорському заводі ім. А. А. Жданова освоєна ковка злиwkів масою 230 т, одержуваних з металу однієї мартенівської й двох електропечей для кувань роторів потужністю генератора 1 200 000 кВт. Відома ковка злиwkів масою до 360-400 т и в перспективі можлива ковка злиwkів масою 500 і навіть 600 т при наявності відповідного кранового й грубого господарств.

Завдання будівлі надважких маніпуляторів цілком розв'язна. Відомі маніпулятори для злиwkів масою 130 т. Системи мостових кранів для роботи зі зливками зазначеного розважування також технічно здійсненні. Кілька варіантів пристроїв для швидкої перестановки інструмента вже використовують на вітчизняних заводах. Успішно експлуатують пристрою, що забезпечують у будь-якому режимі точні ходи преса (наприклад, установка системи СШТ-11 Мостанкіна). Ці пристрої призначені для автоматичного виміру висот і діаметрів кувань у процесі кування й використовуються для автоматизації керування кувальним пресом. Обидві завдання вирішені комплексно за допомогою безконтактних радіоізотопних кінцевих вимикачів, що дозволяє зменшити припуски (у середньому на 30%), допуски (в 3-5 раз) і загальну масу важких кувань (на 6-8%), а кувати кування підвищеної точності, що відповідають 1-й групі точності ДЕРЖСТАНДАРТ 7062-67. Успішно використовують засоби ЕОМ для програмування технологічних процесів обробки металів тиском.

3.9 Кування на пресах

Розглянемо приклади технологічних процесів кування великих кувань із вітчизняної й закордонної практики з використанням новітніх режимів,

удосконаленого інструмента й раціональних переходів, розроблених на науковій основі теорії обробки металів тиском.

Виготовлення кування колони преса зусиллям 118 МН ускладнено двома проміжними термічними обробками, викликаними відповідальним призначенням деталі. Колону зі середньо вуглецевої сталі кують зі зливка масою 242 т при гарячій посадці в піч для нагрівання до 1200° С за 52 год. Після біллетировки зливка на коло діаметром 2100 мм болванка тричі нагрівається: для протягання на восьмигранник, для відрубки кінців і протягання на коло діаметром 1800 мм і для кування середньої частини кування на діаметр 930 мм. Після цього впливає проміжний відпал болванки й нагрівання для витяжки головної частини А зливка на діаметр 1045 мм. Після повторного відпалу болванки, нагрівання кінця Б и його кування на розмір 1045 мм готове кування надходить на термічну обробку перед обдиранням. Остаточна термічна обробка завершується контрольними операціями.

Мінімальний коефіцієнт уковування для частини кування діаметром 1045 мм рівний 6. Вихід придатного становить 58%. В окалину йде 10% металу, на донну й прибуткову частині зливка Доводиться 32% маси зливка (це відхід сталеливарного виробництва).

Значну економію металу можна одержати за рахунок правильного вибору форми й типу зливка. Збільшення серійності виробництва кувань при кооперації, уніфікації різних типів кувань, а також групова технологія дозволяють не брати із наявної номенклатури, а замовляти зливки оптимальних форм, розмірів і типів. Разом з тим відомий позитивний досвід деяких закордонних фірм, що спеціалізуються на виготовленні зливків усього двох-трьох важок незалежно від номенклатури виготовлених кувань. Добре налагоджена виплавка й кування невеликого числа зливків (по масі) дозволяє одержувати більші й малі кування високої якості.

Маса вихідної заготовки може бути зменшена при використанні подовжених зливків з відношенням $H_0 : D_0 \approx 4$. При розрубванні зливка на частині отримані заготовки можна піддати осіданню й застосовувати при куванні шестірень, дисків, штампових кубиків, кілець і т.д. При використанні подовжених зливків метал заощаджують за рахунок відносного зменшення маси прибутки, складовій у цьому випадку 10-12% від маси зливка 2,0-2,5% від донної частини.

Звичайні ковальські зливки можна відливати із плаваючою надставкою. Це дає можливість змінювати масу зливка до величини, при якій увесь придатний метал витрачають на кування або частину його у вигляді придатного залишку використовують на інше кування меншого розміру.

Л. Н. Соколов довів можливість застосування зливків конверторної сталі як ковальських зливків, що розширює номенклатуру зливків, використовуваних для кування.

Для порожніх кувань можна застосовувати звичайні зливки без прибутку або зі зменшеним прибутком. При куванні з великих зливків кувань типу кілець, бандажів, циліндрів, як відомо, застосовують прошивання порожніми

прошивнями. При цьому разом з відрою і при механічній обробці видаляють дефекти осьової частини зливка. У цьому випадку прибуткові частини злиwkів можуть бути зменшені або їх зовсім може не бути.

Залежно від пропонованих вимог порожні кування підрозділяють на дві групи відповідно до умов експлуатації деталі: перша - внутрішня зона деталей є неробочою або невідповідальною, друга - внутрішня зона є відповідальною з певними механічними властивостями і якісною макроструктурою. Для першої групи можна застосовувати безприбуткові зливки навіть у тому випадку, коли після механічної обробки дефекти з їхніх осьових зон залишаються на поверхні внутрішнього отвору. Для таких кувань залишають зменшений прибуток, якщо по технологічному процесі необхідна цапфа під патрон.

Для другої групи кувань безприбуткові зливки можна застосовувати за умови, якщо після прошивання й механічної обробки внутрішнього отвору всі дефекти осьової зони будуть вилучені.

На рисунку 3.13 показаний приклад кування бандажа з безприбуткового зливка, прибуткова частина зливка зменшено до 9-13%.

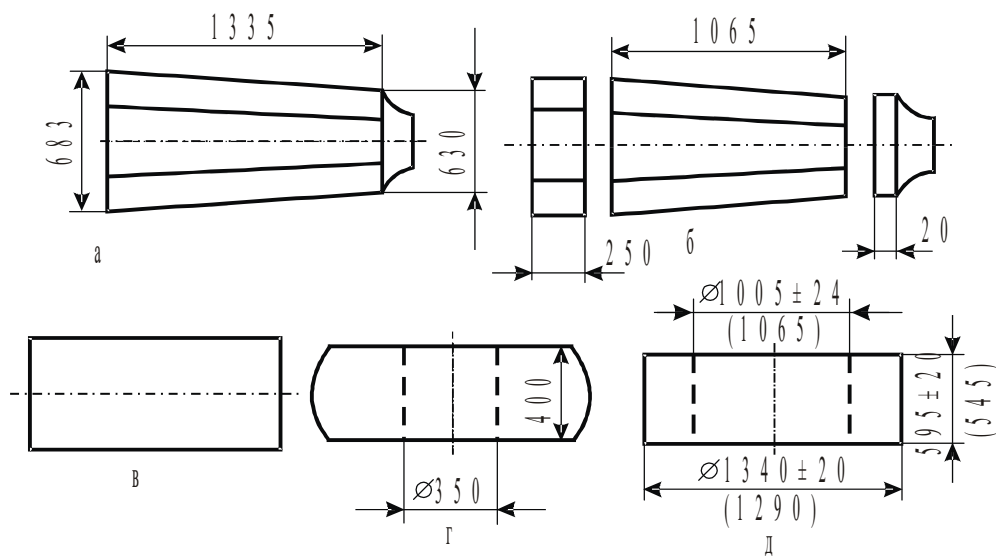


Рисунок 3.13 – Переходи при ковці бандажів з без прибуткового злитка: а – злиток; б – злиток після видалення головної та донної частин; в – збілетована болванка; г – поковка після осадки; д – розкатана поковка

На вітчизняних заводах використовують безприбуткові зливки сталей 60ХН, 50Х, 60ХГ, 35ХНМА і інших з підвищенням виходу придатного на 20-25%

В окремих випадках ці зливки можна кувати без білетировки (рис. 3.14). За такою технологією кують кування типу вінців, бандажів, кілець і цапф. Досвід зазначених заводів показує можливість раціоналізації кування за рахунок усунення білетировки без зниження якості й механічних властивостей кувань із вуглецевих і середнє легованих пластичних сталей.

Спочатку опади багатогранних зливоків, коли пластичність литого металу може виявитися недостатньою, деформація відбувається без збільшення периметра зливоків за рахунок перетворення їх багатогранного перетину в перетин, близьке до кола. Коли периметр зливка, що осаджується, починає збільшуватися й з'являються розтягувальні деформації, сталь уже небагато прокована й ці деформації не небезпечні.

Можливість використання безприбуткових зливоків для суцільних кувань обмежується неякісною серцевиною таких зливоків, оскільки усадочна раковина й рихлість поширюються на більшу глибину, що приводить до необхідності використання такого неощадливого способу прошивання, як прошивання пустотілими прошивнями.

Для кування суцільних кувань відповідального призначення (наприклад, дисків турбін) застосовують іноді наступний спосіб видалення неякісної осьової зони зливоків. Після біллетировки й видалення головний і донною частин зливка, його осаджують приблизно до $1/3$ висоти біллету й потім піддають протяганню так, щоб діаметр осадженої заготовки став віссю протягнутої заготовки. При цьому вся осьова область зливка виявляється зосередженою в середній частині довгої заготовки, яку потім розрубують на три частини, середню з них не використовують, а із двох крайніх виготовляють кування. Відхід при такому способі відносно великий і тому описаний спосіб застосовують лише в крайніх випадках. Іншої більш оощадливий по витраті металу, але трудомісткий спосіб полягає в наступному. Після біллетировки й відділення головний і донною частин зливоків осаджують і прошивають порожнім прошивнем для видалення неякісного металу. Потім заготовки простягають за схемою квадрат-коло в напрямку, перпендикулярному осі, і розрубують по місці отвору. На цьому закінчується підготовка заготовки до кування за звичайною технологією. За такою схемою на Зеландско-Краматорському заводі були виготовлені відповідальні кування дисків турбін, що не мають отворів. Більш раціональні способи полягають у використанні вакумованої сталі, що володіє підвищеною якістю, і у видаленні ліквацийної подраковинної зони зливка, наприклад зсувом її в область розташування відходу в злитку (рис. 3.15).

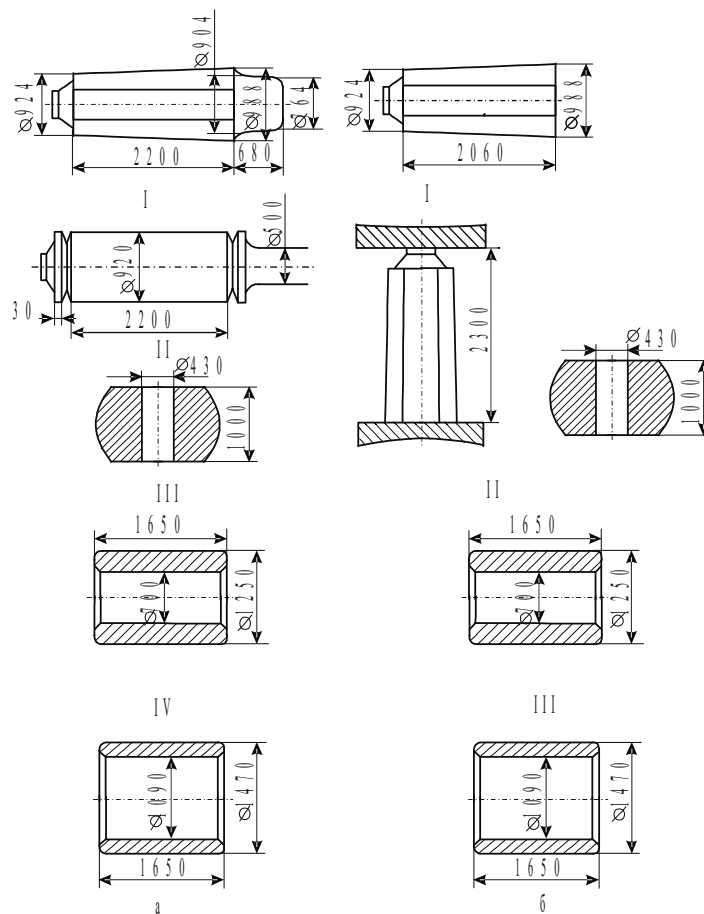


Рисунок 3.14 – Схеми ковки цапф: а – з звичайного зливка масою 15 т з біллетировкою; б – з безприбуткового зливка масою 11,5 т без біллитировки; I – вихідний злиток. Нагрів: I – перший; II – другий; III – третій; IV – четвертий

Дефектна частина зливка при куванні на пресі зусиллям 24,5 МН відділяється від периферійної частини при впровадженні клинового кільця, потім частина зливка висаджують за два заходи, при цьому дефектний метал виявляється у вигляді хвостовика, а периферійний метал зливка проковує із заваркою дефектів. Під час усіх описаних операцій зливки перебуває у вертикальній положенні в спеціальній матриці (рис. 3.15).

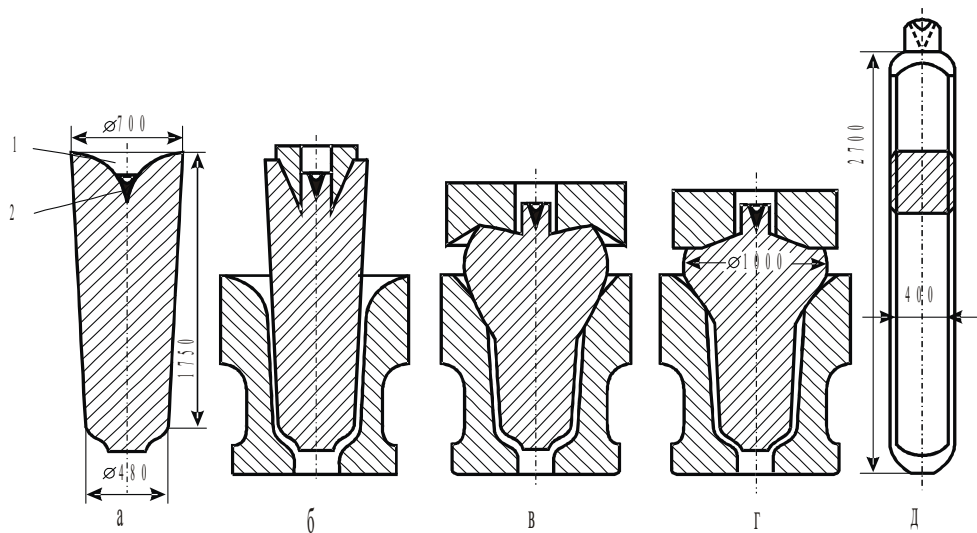


Рисунок 3.15 – Схема видалення дефектної зони злитку: а – злиток; б – прошивка конусним полим прошивнем; в – висадка кільцевої зони злитку кільцем з виступом; г – висадка кільцем; д – протягнута заготовка; 1 – усадочна раковина; 2 – ліквацийна зона

Зливки мають ухил 12,5% і відношення $H_0 : D_0 = 2,5$. Установка й пересування верхнього інструмента й матриці, а так само виштовхування кування виконують за допомогою плунжера преса; зливки і кування переміщують два маніпулятори. Окаліну зі зливка видаляють гідравлічним способом. Для швидкої зміни його інструмента він може бути змонтований на пересувній пристосуванні безпосередньо на рухливій поперечці преса. Застосування описаного приймання дозволяє в середньому збільшити на 13% вихід придатного.

Для кування пустотілих подовжених кувань протяганням на оправленні найбільш економічними вихідними заготовками є порожні зливки. Діаметр отвору порожнього зливка

$$\frac{D_0}{4} \leq d_0 \leq \frac{D_0}{2.6},$$

де D_0 - зовнішній діаметр зливка; d_0 — внутрішній діаметр зливка.

Порожні зливки невеликої довжини можна застосовувати при куванні низьких кільцеподібних кувань і дисків (відношення $\frac{H_0}{D_0} \leq 1.25$).

Структура порожніх злиwkів завдяки двосторонньому відводу теплоти від стінок ізложниці й внутрішнього стрижня значно однорідніше й дрібніше в порівнянні зі структурою звичайних злиwkів, тому коефіцієнт уковування для руйнування литому структури може бути зменшений до 2.

Економія металу при застосуванні порожніх злиwkів досягає 25-30% за рахунок відсутності осьового відходу зменшення маси прибутки, піддона й вигару при скороченому числі нагрівань. Застосування порожніх злиwkів

скорочує в 2-3 рази цикл кування, тому що при цьому усуваються трудомісткі операції опади й прошивання, скорочується в 2-3 рази витрата палива за рахунок зменшення тривалості нагрівання й числа нагрівів порожнього зливка. Якість кувань із порожніх злиwkів поліпшується, а їх механічні властивості в поперечному напрямку значно підвищуються.

На одному з вітчизняних заводів з пустотілих злиwkів (масою до 80 000 кг) виготовляють кування барабанів казанів високого тиску. Злиwки відливають в ізложниці із секторним холодильником або з холодильником водяного охолодження.

Після затвердіння порожній злиwок з температурою 650 – 700 °С надходить у ковальсько-пресовий цех для нагрівання в печі. За перший винос роблять біллетировку й протягання половини злиwка на конуснім оправленні, обробку цієї частини до розмірів кування й надрубку прибуткової частини. Протягання ведуть від прибутку до бурту пустотілого оправлення, охолоджуваною водою. Потім заготовку знімають із оправлення й саджають у піч донною частиною злиwка.

За другий винос здійснюють біллетировку, протягання на оправленні, обробку другої частини кування й надрубку донної частини. Далі кування надходить на відрізок прибуткової й донною частин, після чого її піддають термічній обробці – загартуванню в маслі й високотемпературній відпустці. Наступна операція – обдирання.

Після обдирання кування надходить у ковальсько-пресовий цех, де на пресі за два виноси роблять окуполівання в спеціальних бойках і остаточну термічну обробку.

За технологією, що застосовувався донедавна, кування кували із суцільного злиwка масою 90 000 кг. За перший винос відтягали цапфи, біллетировали, відрубували піддон і цапфу. За другий винос заготовку осаджували й прошивали пустотілим прошивнем. Прошиту заготовку простягали на оправленні за чотири виноси до поковочних розмірів. Наступні операції по новій і старій технології збігаються.

Удосконалення технології дозволило скоротити в 2 рази цикл кування, заощадити 10 т (13%) металу, зменшити працезатрати на 40%, знизити на 17% собівартість. Порожній злиwок можна кувати й на пресі зусиллям 50 МН, тоді як для кування за звичайною технологією необхідний був прес зусиллям 100 МН.

У куванні з порожнього злиwка не виявляється хімічної неоднорідності ні по довжині, ні по товщині стінки. Механічні властивості по довжині й перетину кування рівномірні, і їх значення перевищують передбачені технічними умовами.

На рисунку 3.16 дана технологія кування пустотілої колони із суцільного й порожнього злиwkів. Із зіставлення числа переходів і їх складності видні переваги використання для кувань пустотілих злиwkів.

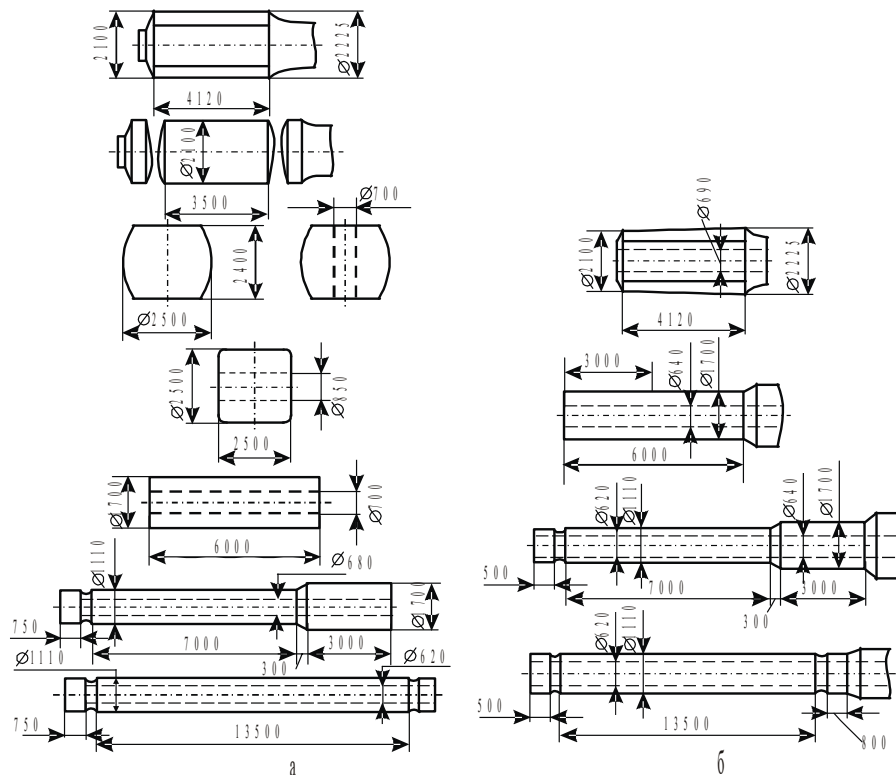


Рисунок 3.16 – Технологія кування пустотних колон: а – із суцільного злитка; б – з порожнього злитка

Великі зливки з вуглецевої сталі й зливки будь-якого розміру й високолегованої сталі, виплавлені навіть у вакуумних печах, мають дефектність у вигляді несплошностей, розташованих в осьовій зоні, і різних типів ліквіації (у тому числі внецентрової). Найбільш якісний метал одержують методами електродугової плавки, електрошлакового переплаву й електроіндукційної плавки. Одним з ефективних способів закриття й заварки несплошностей злиwkів є кування поверхово підстужених злиwkів.

У Московському інституті сталі й сплавів розроблений спосіб, по яким злиwок підстужують одночасно з біллетировкою, а потім обжимають у комбінованих бойках з укуванням 1,3-1,5. У процесі цих попередніх операцій відбувається інтенсивне підстужування поверхні злиwка внаслідок його звільнення від сорочки з окалини й зіткнення з відносно холодними бойками. У такому стані злиwок обжимається на 10-15% без кантування по всій довжині плоскими бойками з утвором поздовжніх лисок. До цього часу поверхня злиwка повинна бути підстужена приблизно до 800° С при температурі осьової зони 950 – 1000 °С. Потім впливає основна операція по заварці внутрішніх несплошностей, яка полягає в обтисненні по підготовленим лискам (рис. 3.17) бойками, ширина яких менше ширини лисок на величину, приблизно рівну товщині підстуженого шару металу (визначають експериментально по графіках остигання металу по перетину). При такім обтисненні на 10-20% деформація зосереджується в осьовій зоні й приводить до закриття й заварці порожнеч злиwка. Для забезпечення цього процесу верхній бойок 1 в 1, 5 рази

коротше нижнього, а обтиснення відбувається при послідовній переміщенні заготовки разом з нижнім, більш довгим, бойком 3 (за допомогою рухливого стола преса). Для одержання приблизно рівних питомих сил від верхнього й нижнього бойків і однакових обтиснень із боку обох бойків нижній боек 1 повинен бути багато вже верхнього 3 (на 25- 30%).

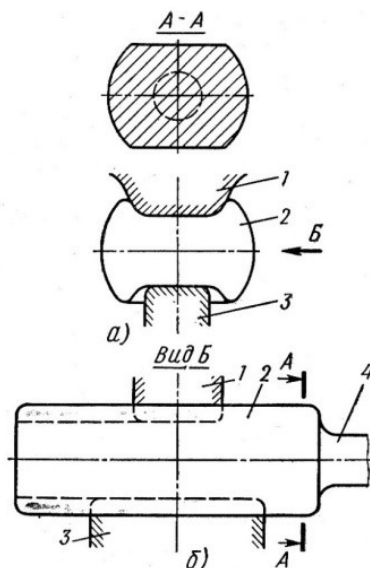


Рисунок 3.17 – Спосіб заварки внутрішніх пустот підстуженого зливка: а – сбілетований злиток після утворення на ньому поздовжніх лисок; б – обтиснення вузькими бойками для зварювання пустот; 1 – верхній вузький та короткий боек; 2 – обтискає мий підстужений біллет; 3 – нижній, вузький, більш довгий боек; 4 – цапфа під патрон

Переважні умови для проковування осьової зони зливка можливо створити й без використання ефекту нерівномірного й температурного поля, за рахунок застосування особливої форми інструмента й заготовки (рис. 3.18). Багатогранний зливков 2 обжимається бойками верхнім 1 і нижнім 3 з опуклістю по фронту преса. Після чергового обтиснення й кантування на 90° заготовка має (увігнуті бічні грані, які виявляють, що підпирає дія на осьову зону й сприяють появі додаткового стиску, необхідного для закриття й заварки порожнеч.

Оскільки в цей час засобу підвищення якості і великих кувань багато в чому вичерпані, технологам доводиться звертати увагу й на металургійну сторону ковальських зливків. Звичайно форма цих зливків задовольняє умовам кристалізації й іншим вимогам металургів. Виходячи із цих вимог, але з урахуванням раціональних схем плинину металу, при куванні можливі нові форми ковальського зливка. Одне із цих нововведень — використання для кування круглих і квадратних перетину кувань прямокутних зливків, форма яких така ж, як у зливків, застосовуваних для прокатки листової заготовки (слябів). Позитивний промисловий досвід по прокатці на квадрат і коло прямокутних

зливків, а також моделювання кування прямокутних зливків переконують у доцільності описуваного процесу кування. Обтиснення по більшій грані прямокутного зливка в якійсь мірі заміняє його осаду, але при цьому може бути використане встаткування у два рази меншої потужності, чому при осаді.

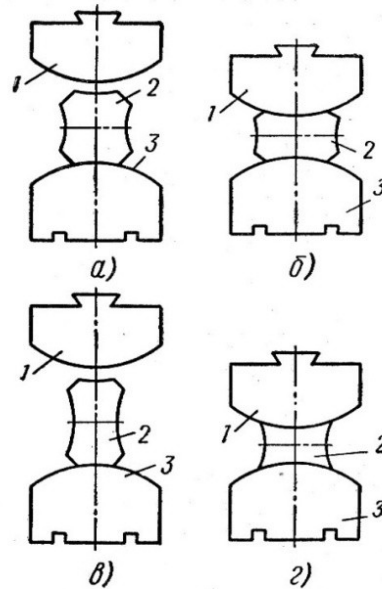


Рисунок 3.18 – Спосіб заварки внутрішніх не сплошностей злитку: а – г – послідовні переходи протяжки; 1 – верхній та 3 – нижній бойки, випуклі по фронту; 2 - злиток

Розроблений у МІСіС ковальський зливко (рис. 3.19) задовольняє вимогам кристалізації й раціонального кування одночасно. Зливко має три виступи, розташованих під кутом 120, загальною площею більш 1/2 загальної площі перетину зливка, що спрощує пророблення металу й середньої частини перетину. Западини між виступами мають увігнуту форму граней, при випрямленні яких діють напруги стиску. Обтиснення виступів у вирізних бойках (рис. 3.19, а) супроводжується, що підпирає дією горизонтальних складових діючих сил. При куванні в комбінованих бойках (рис. 3.19, б)

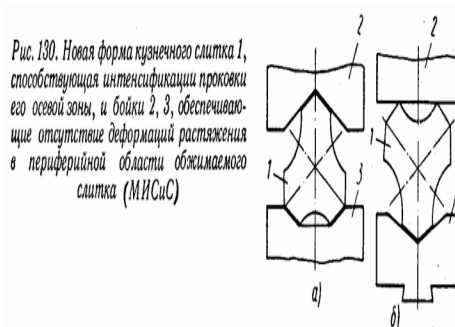


Рис. 130. Новая форма кузнечного слитка 1, способствующая интенсификации проковки его осевой зоны, и бойки 2, 3, обеспечивающие отсутствие деформаций растяжения в периферийной области обжимаемого слитка (МІСіС)

Рисунок 3.19 – Нова форма ковальського зливку 1, що сприяє інтенсифікації проковки його осевої зони, та бойки 2, 3, що забезпечують

відсутність деформації розтягнення у периферійній області обтискає мого зливка

Доцільна опора плоского бойка на два виступи, які на самому початку обтиснення трохи деформуються, але основна деформація припадає на середню частину зливка, як і в попередньому випадку. Обтиснення з кантуванням на 120° для проковування середньої частини можуть бути незначними, наступні обтиснення — як звичайно. При куванні в комбінованих бойках високопластичної сталі можливе кантування на 180° з переходом до кантування на 90° . При досвідченні куванні таких злиwkів із вплавленими для контролю поздовжніми стрижнями при середньому уковуванні 1,3 деформація осьової зони становила 71 %, тоді як у досвіді зі злитком звичайної (восьмигранної) форми при уковуванні 1,5 деформація осьової зони — тільки 56%. Використання такої форми ковальського зливка поліпшує пророблення його осьової зони й скорочує тривалість технологічного циклу.

Кування барабана з корозійностійкою сталі за шість виносів становить особливий інтерес. Таке кування кують на одному з найбільших пресів зусиллям 120 кН. Кування включає всі типові операції, крім поздовжнього протягання: біллетировку, відрубку, осідання, прошивання, розкочування й протягання на оправленні (рис. 3.20).

Інтервал температур кування від $1120 - 1150$ до 950°C становить $170 - 200^\circ \text{C}$. На перших чотирьох виносах використовують плоскі бойки, а на інших — комбіновані вирізні. Прошивають суцільним прошивнем із двох сторін. Особливий інтерес представляє протягання на конічному оправленні (650/620 мм), яке виконують після невеликого розкочування слідом за прошиванням для вирівнювання поверхні прошитої заготовки. Етапи протягання включають обтиснення кінця заготовки на щаблі 1, 2, 3 з боку бурту оправлення (рис. 3.21, а) до моменту щільної посадки заготовки на оправлення в місці її найбільшого діаметра. Потім впливають аналогічні обтиснення (рис. 3.21, б) з посадкою протилежного кінця заготовки (щаблі 4, 5, 6) на більш тонкій частині оправлення. Далі відбувається поступове обтиснення середньої частини заготовки, причому правий її кінець сповзає на більш тонку частину оправлення з утворенням зазору між нею й заготовкою.

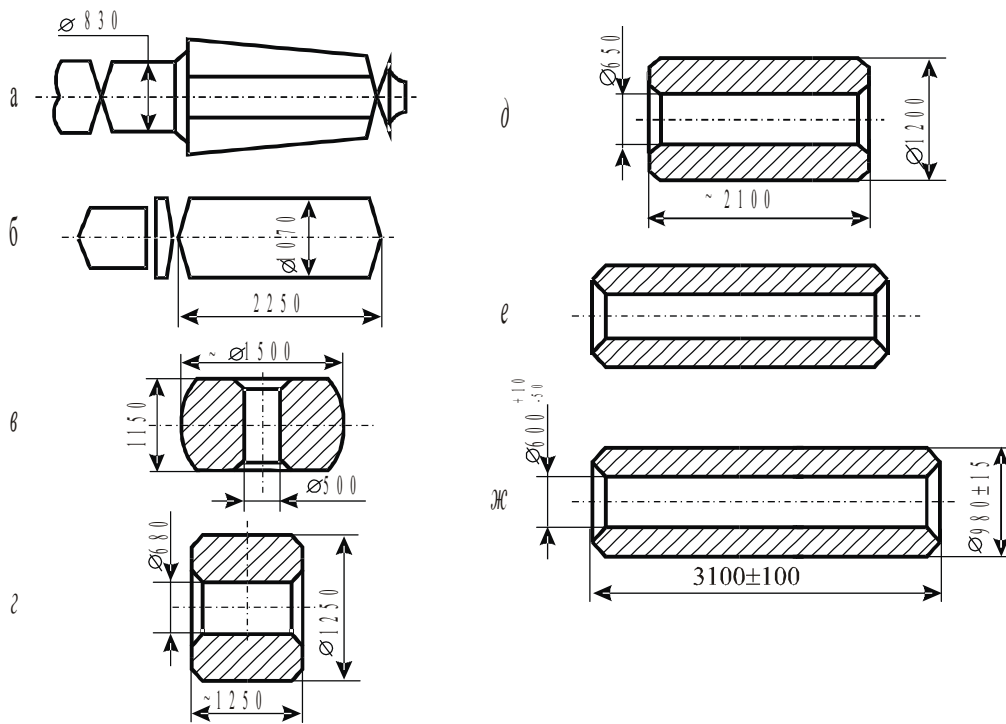


Рисунок 3.20 – Ковка пустотілого барабану масою 11,6 т з злитку 22 т за шість виносів: а – відтяжка цапфи, відрубка донної частини; б – біллетировка та відрубка прибутку; в – осадка і прошивка дірки діаметром 500 мм; г – розкатка до діаметру 680 мм; д – протяжка на довжину 2100 мм; е – завершальна протяжка до 3100 мм; ж – поковка

Передостанній етап (рис. 3.21, в) – протягання на задану довжину. Після цього обжимають метал щабля 2, подовження можуть поширитися тільки убік, протилежну бурту (заготовка впирається в нього), і це сприяє відриву готового кування від конусного оправлення. Необхідність протягання при мінімальних зазорах між оправленням і заготовкою пояснюється умовами утвору тріщин на внутрішній поверхні вихідного кінця кування, які часто зустрічаються при куванні корозійностійких, жароміцних і інших важко деформованих або мало пластичних сплавів.

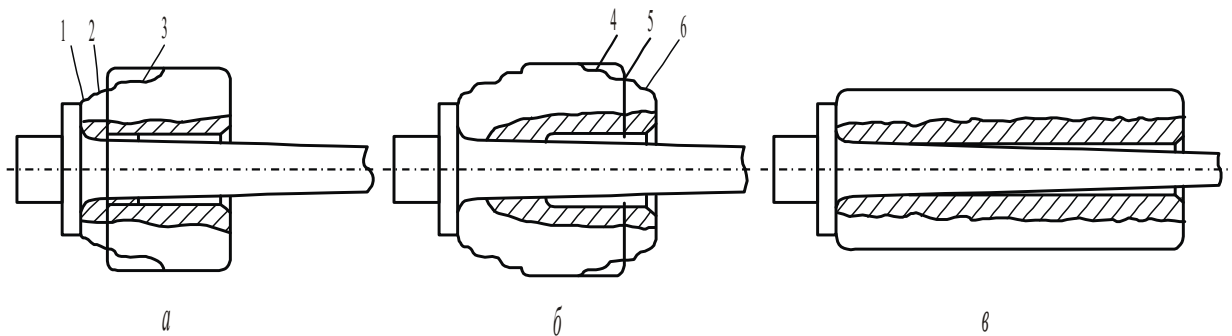


Рисунок 3.21 – Етапи протяжки прошитої заготовки на конічній оправці

Схема утвору тріщин показана на рисунку 3.22. Небезпечні умови протягання створюються через великий зазор (він максимальний на правому кінці заготовки й становить близько 30 мм) і кута φ вирізу при малому куті γ охопту бойків (на рисунку 3.10 $\varphi = 120^\circ$ і $\gamma = 60^\circ$) внаслідок більших обтиснень до щільної посадки заготовки на оправлення. При першій великій обтисненні області 1 і 3 заготовки піддаються зовнішньому розтягнанню (рис. 3.22, а). Якщо це не викликає зовнішніх тріщин відриву, то при обтисненні після кантування на 45° (рис. 3.22, б) область 1 заготовки піддається більшим напругам зрушення в тому місці, де метал при попередньому обтисненні піддався стиску й імовірність тріщино утворення підвищена. У ще більшому ступені утворі або подальше розкриття тріщин в області 1 відбувається при обтисненні після наступного кантування на 45° (рис. 3.22, в) під дією напруг розтягання. Якщо протягання проводять із кантуванням на 90° , то схема утвору тріщин, показана на рисунку 3.22, в, не змінюється. Для усунення небезпеки утвору тріщин доцільний мінімально можливий зазор по оправленню й протягання заготовки бойками з підвищеним кутом охопту (наприклад, $\varphi = \gamma = 90^\circ$).

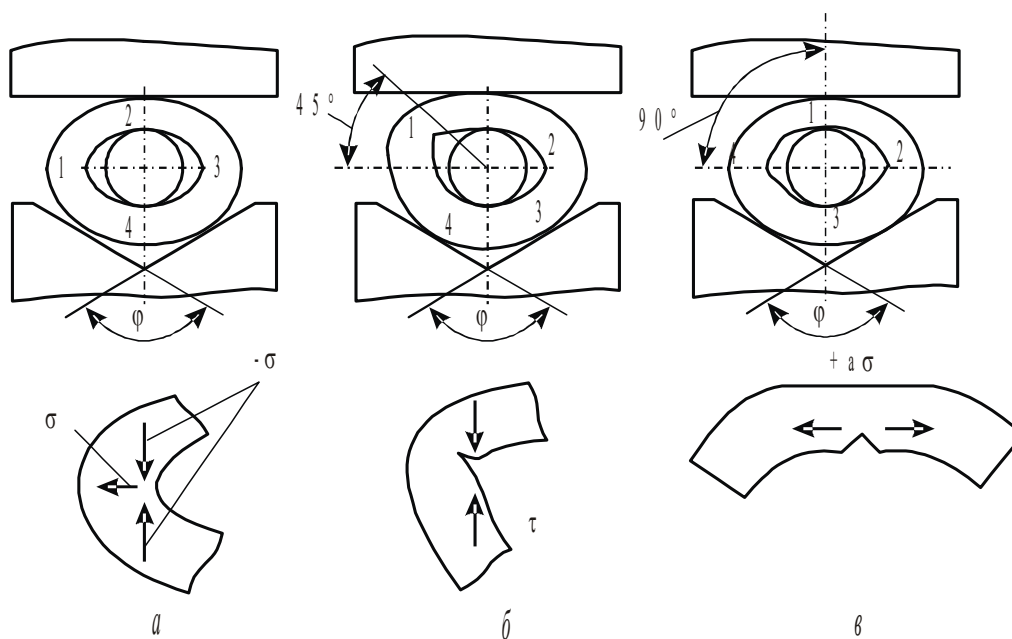


Рисунок 3.22 – Схеми утворення та розкриття тріщин при протяжці на оправці: 1 – 4 – області заготівлі

Для скорочення числа виносів доцільно використовувати більш продуктивні вирізні бойки. Роботою П.Ф. Іванушкіна, Б.Е. Каргина й інших доведено збільшення продуктивності протягання на 20% при переході від комбінованих бойків до вирізних при $\gamma = 120^\circ$.

Одне з напрямків удосконалення технології кування великих кувань полягає в застосуванні обойм, кілець і навіть підкладних (що не закріплюються) штампів для повного або часткового оформлення кувань. Довгий час уважали, що застосування таких пристосувань для кування великих кувань ускладнює

процес. Однак останнім часом з'являється усе більше прикладів удосконалення оснащення при куванні навіть найбільших кувань. На рисунку 3.23 наведений технологічний процес кування вала з більшим фланцем зі зливка масою 62 000 кг. Після біллетировки нижнім вирізним і верхнім плоским бойками (рис. 3.23, а) і опади на плоскім кільці (рис. 3.23, б) болванки скруглюють на розмір 1650 мм, виконують зарубку для наступного утвору малої цапфи вала й фланця, а також обробку малої цапфи до заданого розміру (рис. 3.23, в). Потім простягають іншу частину зливка на діаметр, дорівнює діаметру великої цапфи, роблять зарубку на довжині, відповідної до обсягу цієї цапфи, і відрубують придатний залишок (рис. 3.23, г). Східчасту заготовку (рис. 3.23, д) вставляють малою цапфою в кільце 1, фланець оформляють між двома ввігнутими кільцями 2 і 3; більша й цапфа не деформується, тому що тяж перебуває усередині набору кілець циліндричними отворами. Потім усю систему кілець накривають накладкою 4, на яку й натискає верхній боек преса. На рисунку 3.23, е показані секційна обробка фланця й пристосування для повороту заготовки у випадку, якщо потужність преса недостатня для операції. На рисунку 3.23, д, ж и з видні операції обтиснення фланця й перековування великої цапфи на довгу цапфу із двома ребордами.

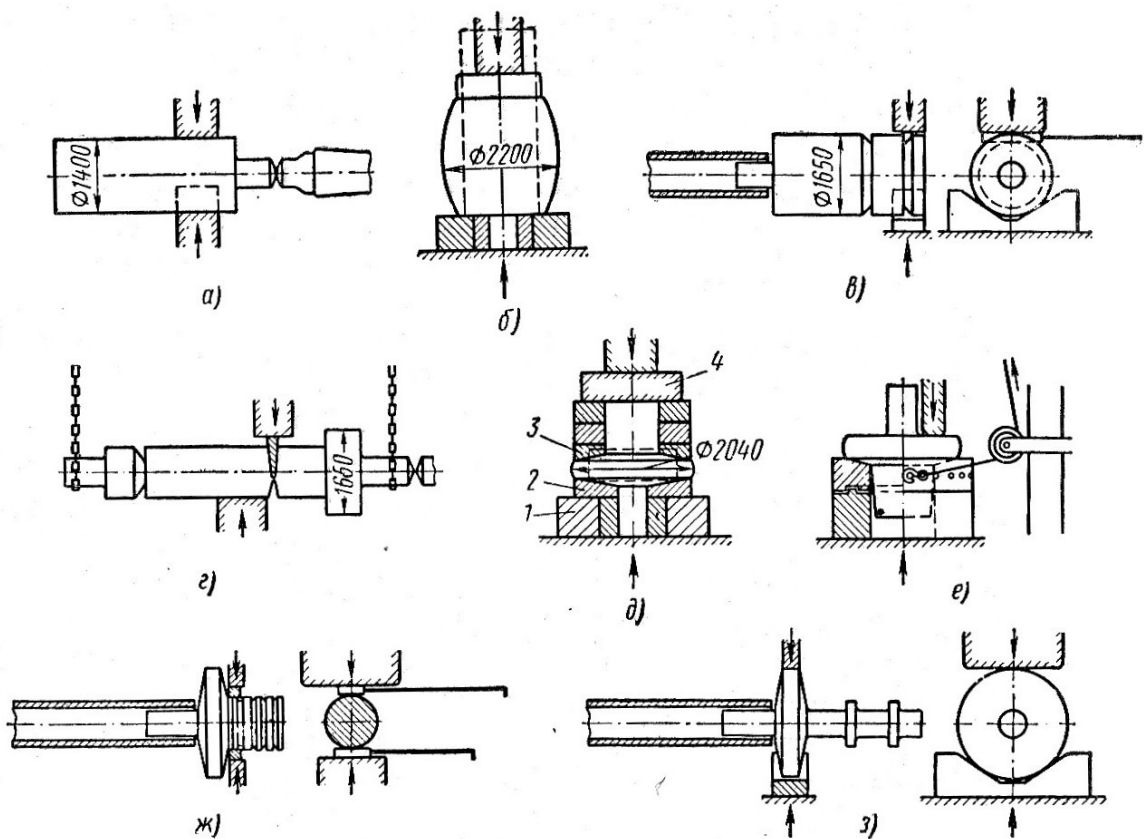


Рисунок 3.23 – Переходи при ковці вала з фланцем великого діаметру

На рисунку 3.24, а показане оснащення для висадження бочки ротора 2 діаметром 1250 мм і фланця такого ж діаметра для колеса Кертиса (рис. 3.24, б).

Рис. 135. Інструмент для оформлення бочки ротора в процесі ковки (ЧССР)

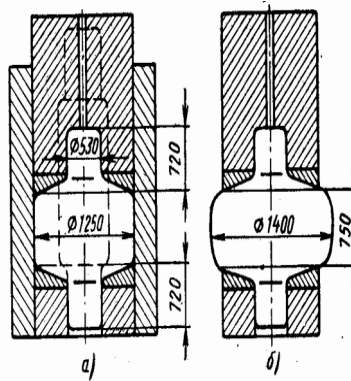


Рисунок 3.24 – Інструмент для оформлення бочки ротору у процесі ковки

Ще більша спеціалізація кування кувань може бути досягнута за рахунок ретельної обробки технології й конструювання інструмента, придатного для кування групи кувань різної конфігурації. Технологічна доцільність використання пристосувань і підкладних штампів часто входить у суперечність із економічною ефективністю і їх застосування при малосерійнім виробництві кувань.

Для збільшення серійності виробництва використовують уніфікацію різних кувань і угруповання по однотипності. Якщо й ця можливість вичерпана, то подальша групова технологія може бути здійснена за рахунок застосування різних комбінацій з елементів приставних штампів. З досвіду одного з найбільших вітчизняних ковальських цехів на рисунку 3.25 дані приклади технологічних процесів виготовлення куванням великих кувань донець звичайним способом (рис. 3.25, а) і із застосуванням спеціального інструмента (рис. 3.25, б).

При куванні зливок піддають складній обробці, при якій його біллетирують, осаджують, прошивають, обкатують із бічної поверхні. На закінчення видаляють хвостовий відхід кування. При використанні підкладного інструмента технологічний процес значно спрощується. Кування денця оформляють в обоймі 1, що стягається обичайкою при деформації сбіллетованного й осаженого зливка між пуансоном 2 і підбивкою 3 (рис. 3.25, б). При впровадженні пуансона 2 у заготовку відбувається видавлювання металу, який силами тертя захоплює обойму 1 нагору, назустріч руху пуансона. Щоб метал не випливав за межі порожнини обойми, у нижній частині отвору обойми передбачена підбивка 3, яка залишається на нижньому бойку при підйомі обойми й забезпечує замкнутість порожнини інструмента під час усього періоду деформації. І в результаті застосування цієї технології зливок масою 20 400 кг був замінений злитком масою 16 000 кг, маса кування й поменшилася з 13 200 до 10 600 кг, а коефіцієнт використання металу збільшився з 0,34 до 0,44. Незважаючи на такий значний ефект, одержуваний від застосування підкладного штампа, окупність додаткових витрат могла бути досягнута тільки при використанні пристосування для значного числа кувань. Із цією метою підкладний штамп був використаний для виготовлення іншого

кування (рис. 3.25, в). При виготовленні кувань горловин використані та ж обойма 1 і пуансон 2, на якій були надіті кільця 4 для зменшення глибини одержуваної порожнини. Для одержання порожнини із протилежної сторони підбивка 3 виконана з отвором, у який вставлений прошивень 5. Після закінчення деформації кування видавлюється з обойми; перемичка просікається спеціальним прошивнем 6 з утвором видри. У цьому випадку економія металу, отримана на кожному куванні, становить 2100 кг. Після ретельного пророблення технологічних процесів описаний інструмент був застосований ще для ряду кувань при зміні числа кілець, що надіваються на пуансон, форми прошивнів і підкладних кілець, вдається застосовувати комбіноване оснащення для багатьох типів кувань, що дозволяє звести до мінімуму додаткові витрати на інструмент.

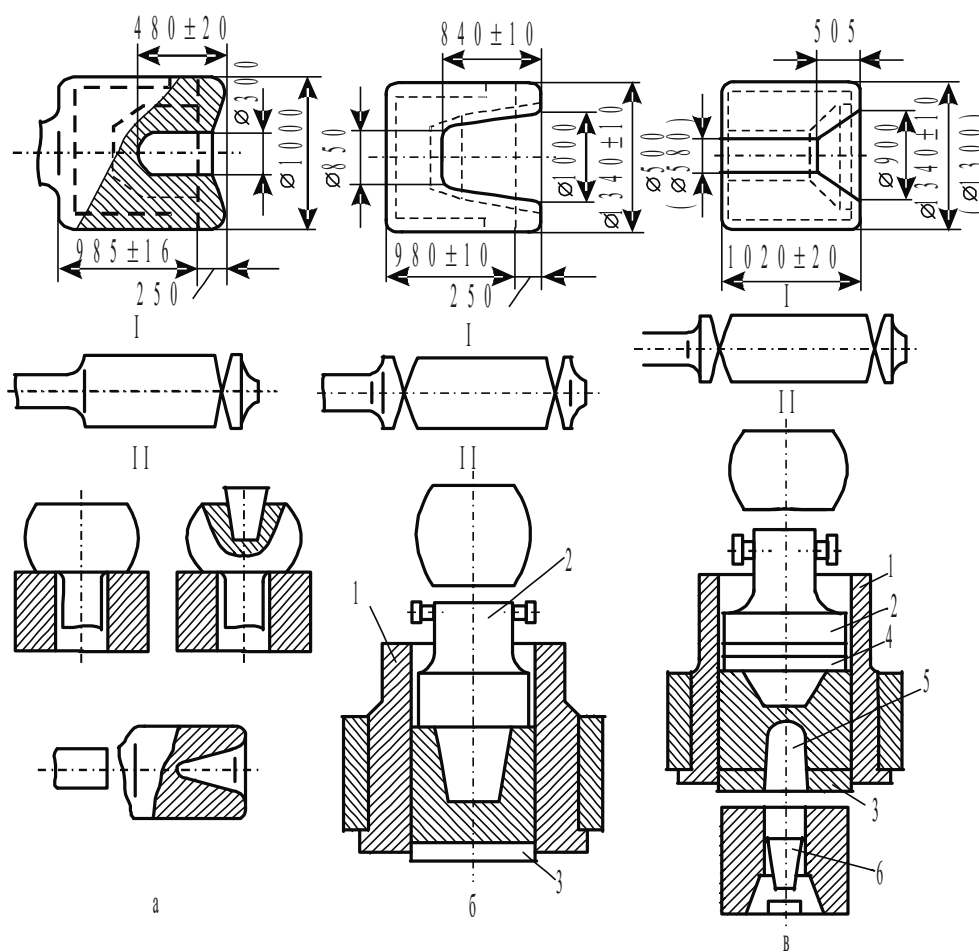


Рисунок 3.25 – Групова ковка полів поковок: 1 – обойма; 2 – пуансон; 3 – підкладка; 4 – кільця; 5 – прошивень; 6 – спеціальний прошивень; I – попередня обробка злитку; II – осадка та ковка в спеціальному і пересадному інструменті

Крім економічного ефекту застосування описаних пристосувань забезпечує значне поліпшення якості кувань і підвищення службових характеристик деталі. Особливо це важливо для деталей високо відповідального призначення типу валів, дисків, турбін і т.п.

1. Застосуванням розганяльного бойка при осаді заготовок, що дозволяє добре проробити ту частину кування, з якого потім формується маточина диска.

2. Оформленням маточини при осаді заготовки на підкладнім кільці, що виключає утяжку при висоті маточини.

3. Розгоном полотна диска вузьким бойком, виробленої зі сторони торця диска, протилежного маточині, що виключає поява радіальних тріщин і викривлення форми маточини.

Відомий варіант кування дисків (діаметром 1065 мм і товщиною 320 мм), при яким не тільки ступична частина, але й полотно диска розміщаються в порожнині підкладного штампа.

Для додаткового пророблення осьової області зливка в технологічному процесі виготовлення кування турбінного диска безпосередньо перед його оформленням передбачене осьове обтиснення зливка куполообразним інструментом (рис. 3.26, а).

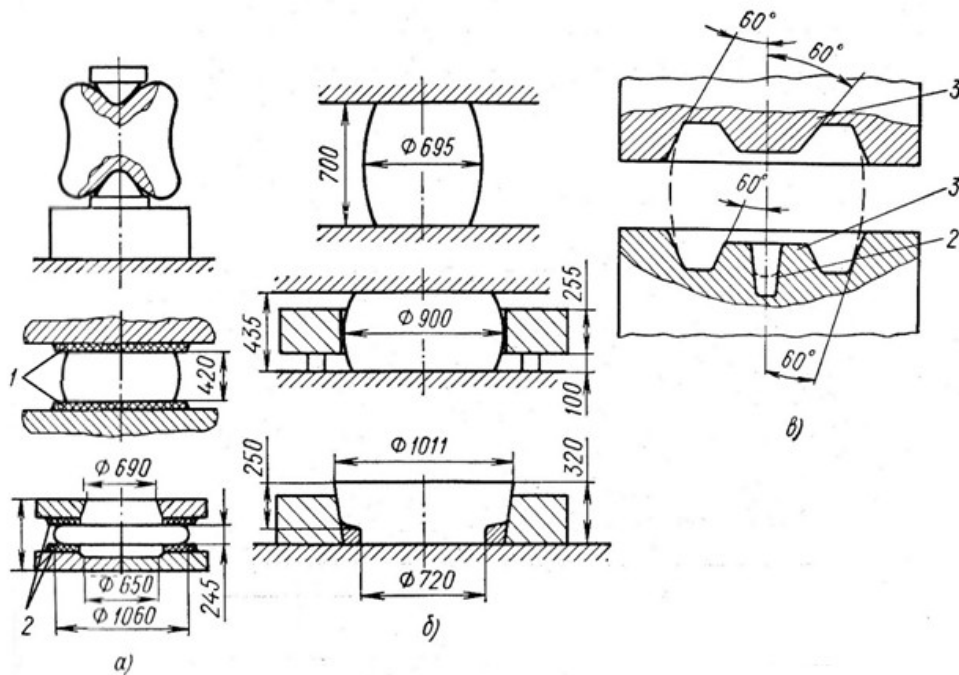


Рисунок 3.26 – Спеціальні прийоми при ковці дисків

Надалі кування осаджують і оформляють із застосуванням азбестових прокладок 1 і 2 (НКМЗ). При куванні подібних дисків на Уралмашзаводе (рис. 3.26, б) використовують осідання в обмежувальнім кільці й потім формування в підкладнім кільці. У порівнянні з попередньою технологією тут вдається створити більш сприятливі умови кування, використовуючи підвищений гідростатичний тиск. При куванні дисків з аустенітної сталі доводиться зважати на її схильність до утвору поверхневих дефектів (тріщин, надривів і т.п.), що іноді викликає необхідність проміжного обдирання заготовок. Із цієї причини описана оригінальна технологія із застосуванням куполовидного інструмента

може виявитися неприйнятною. Розроблена конструкція інструмента, який крім верхнього й нижнього конусних знаків 3 із плоским торцем має на верхній частині обмежувальне кільце, що збільшує середня напруга кульового тензора при обтисненні осьової зони зливка і його радіальній роздачі. У нижньому конусному знаку 3 є отвір 4 для розміщення хвостовика (рис. 3.26, б).

Найбільш прогресивним технологічним процесом виготовлення дисків є кування секційним інструментом. Залежно від розмірів диска й наявного в цеху встаткування застосовують двох-, трьох- (рис. 3.27) і багатосекційний інструмент типу складених профільних бойків або штампів. Заготовкою для секційної обробки може служити лита й потім прокована на коло заготовка з установки безперервного розливання сталі або відкована зі зливка кругла болванка, яку попередньо можна осадити всіма секціями інструментів до розмірів, обумовлених граничним зусиллям преса (рис. 3.27, а). Потім відбувається деформація центральним пуансоном, розташованим соосно із заготовкою (рис. 3.27, б), і послідовно кільцевими секціями (рис. 3.27, в и г). Конструкція інструмента передбачає швидку перестановку пристрою для введення в дію необхідної секції.

Співвідношення діаметрів пуансона й секцій повинне враховувати зусилля Р преса:

$$P = p_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = p_2 \frac{\pi (d_2^2 - d_1^2)}{4} = p_3 \frac{\pi (d_3^2 - d_2^2)}{4},$$

Де $P_1; P_2; P_3$ — питомі зусилля, необхідні для осідання окремих частин (секцій) заготовки; $d_1; d_2; d_3$ — зовнішні діаметри секційних пуансонів.

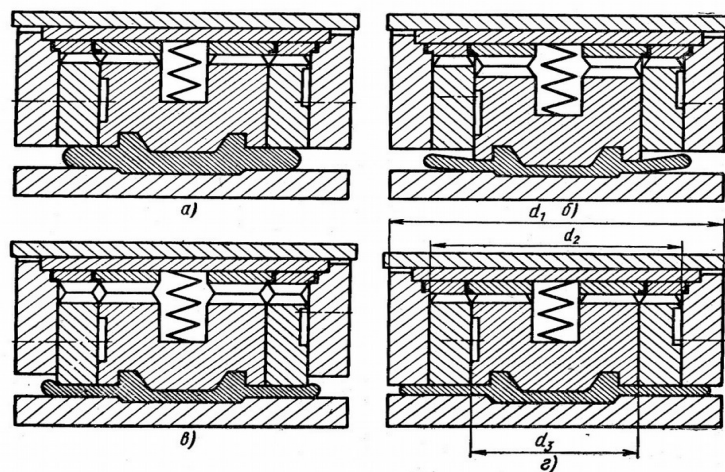


Рис. 139. Схема изготовления поволок дисков трехсекционным инструментом:

а — предварительная осадка; б — штамповка внутренним пуансоном;
в — штамповка первой и г — второй кольцевыми секциями (по А. В. Алтыкису)

Рисунок 3.27 Схема виготовлення поволок дисків трьохсекційним інструментом: а – попередня осадка; б – штамповка внутрішнім пуансоном; в – штампування першої і г – другої кільцевими секціями

Секційним способом відковують диски не тільки з вуглецевої і низьколегованої сталей, але й з жароміцної сталі, причому одержують необхідні механічні властивості, макро- і мікроструктуру дисків.

Робота центрального пуансона аналогічна роботі суцільного прошивня. При великій величині впровадження пуансона в заготовку радіальна деформація приводить до відшаровування металу від нижньої частини бічної поверхні пуансона. Потім при осаді зовнішньої частини заготовки кільцевими секціями з'являється небезпека утвору кільцевої складки. Як установили Е. І. Семенов і С. А. Скородумов, при звичайнім відношенні вихідних розмірів заготовки $2 < \frac{D_0}{H_0} < 3$ й при $d_3 = 0.8 \div 0.9 D_0$ (рис. 3.15) складки не утворюються в

дисків с. $\frac{D_e}{H_e} = 5 \div 8$

Для бездефектного секційного кування дисків у межах $\frac{D_e}{H_e} = 9 \div 18$

відношення розмірів вихідних заготовок повинне бути $\frac{D_e}{H_e} = 3 \div 6$.

У зазначених межах секційне кування можна виконувати без попереднього осідання всіма секціями інструмента (рис. 3.27, а). При впровадженні секційного кування дисків на заводах (Невський машинобудівний, «Економайзер») економія металу склала 40-45% у порівнянні зі звичайним куванням дисків.

3.10 Кування на молотах

У технологічній відношенні кування на молотах багато в чому подібна з куванням на пресах, зокрема, однакові операції опади, протягання, прошивання й ін. На молотах кують зливки вуглецевої сталі масою 2-3 т і зливки легованої сталі масою до 1 т. Однак для молотів також звичайне кування прокатних заготовок. Нижче дані приклади кування прокатних заготовок переважно з використанням підкладних штампів.

Номенклатура кувань для кування на молотах надзвичайно різноманітна. При використанні універсального інструмента у вигляді бойків, пережимок, прошивнів, сокир і іншого одержують різного виду гладкі й східчасті валики, фланці, обичайки, важелі, шестірні, колінчаті вали й інші кування. Відповідні операції й приймання були розглянуті в цій главі. Нижче розглянуті вдосконалені технологічні процеси кування, застосовувані в тих випадках, коли використання спеціальних пристосувань, підкладних штампів і іншого спеціалізованого інструмента виправдовується відповідними техніко-економічними показниками (збільшенням продуктивності, зниженням собівартості, поліпшенням якості й ін.). Наприклад, кування зубчастої муфти й виготовляти осіданням у кільцях з наступним прошиванням. Кування кувань на одному з вітчизняних заводів у підкладному штампі дозволила скоротити її масу на 9%.

Технологічний процес (рис. 3.28) полягає в наступному: заготовку діаметром 220 мм і висотою 385 мм установлюють у нижник 1 і злегка осаджують для вирівнювання нерівностей торців готування. Потім накладають кільце 2 на заготовку й осаджують її до зіткнення кільця з нижником, потім прошивають. Для пробивання відходу штамп перевертали за допомогою верхнього бойка молота (на рисунку 3.28 ця операція не показана).

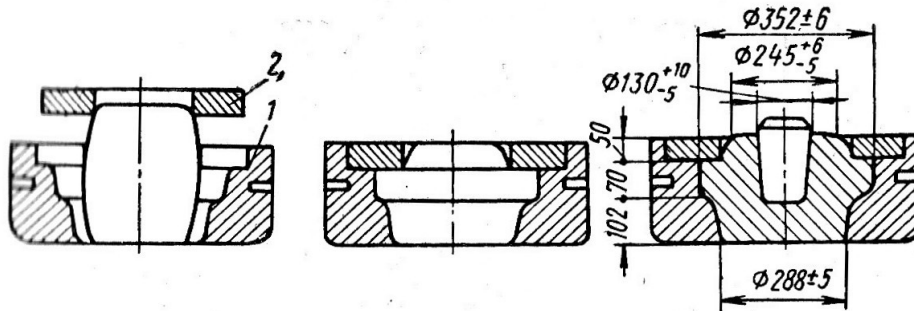


Рисунок 3.28 – Переходи при спеціалізованій ковці під молотом поковки муфти

Кування ролика (рис. 3.29) виготовляють у двох підкладних кільцях. Обкачану заготовку осаджують у першій кільці без утвору заусенця. Потім висаджену заготовку встановлюють у друге кільце, що полягає з обойми й рознімної матриці. При такому технологічному процесі заощаджується 12 кг металу, виключається обточування по зовнішньому контуру, знижується загальна трудомісткість обробки на верстатах приблизно на 50%.

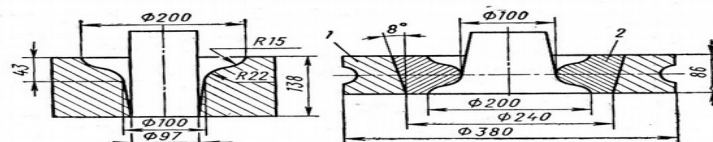


Рис. 141. Переходи при спеціалізованому виготовленні поковки ролика:
1 – обойма; 2 – разъемная матрица

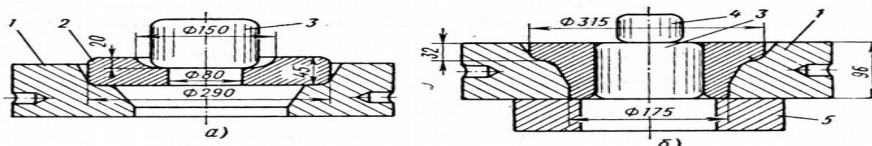


Рис. 142. Ковка фланцев способом отбортовки

Рисунок 3.29 – Переходи при спеціалізованому виготовленні поковки ролику: 1 – обойма; 2 – роз'ємна матриця

Підкладні інструменти в окремих випадках дозволяють застосовувати особливі приймання. Наприклад, при куванні фланців застосовують відбортовку (рис. 3.30). Вихідну мірну заготовку осаджують на плоских бойках, потім циліндричним оправленням прошивають поглиблення, рівне 20 мм. У центрі поглиблення прошивають отвір діаметром 80 мм (ця операція на рисунку 3.30 не показана). Далі підігріту заготовку 2 укладають у підкладне кільце 1

(рис. 3.30, а). За допомогою оправлення 3 виконують відбортовку і заповнюють порожнину інструменту; потім оправлення проганяють через отвір кування за допомогою підставки 4 меншого діаметра, для чого підкладне кільце 1 установлюють на опору 5 (рис. 3.30, б).

До недоліків звичайної технології кування роликів для прокатного встаткування (рис. 3.31) ставляться наступні: більші припуски кування на механічну обробку, два нагрівання, вихід придатний, що становить ~ 86%, низька продуктивність праці.

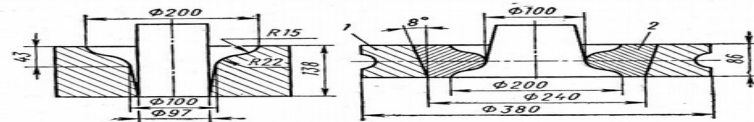


Рис. 141. Переходи при спеціалізованому изготовленні роликів

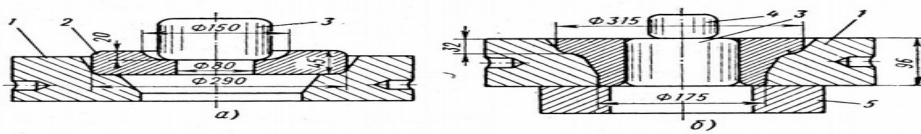


Рис. 142. Ковка фланцев способом отбортовки

Рисунок 3.30 – Ковка фланців методом відбортовки

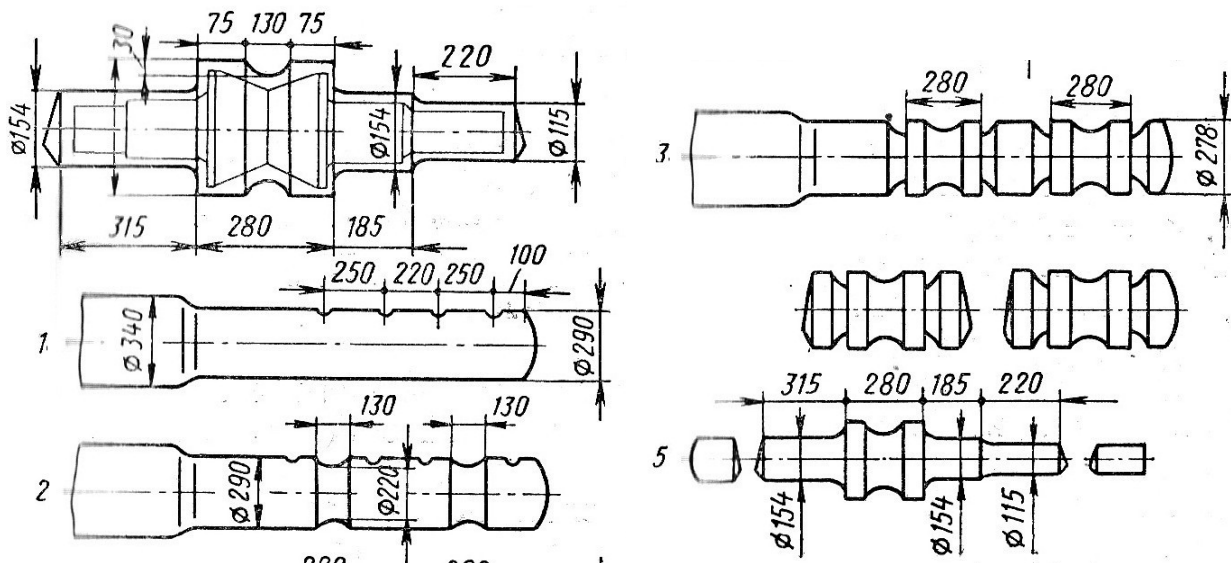


Рисунок 3.31 – Ковка роликів: 1 – протяжка; 2 – обтиск виємок роликів; 3 – оформлення двох роликів; 4 – вирубка та розділення роликів; 5 – відділка цапф до заданого розміру

Із застосуванням у новому технологічному процесі (рис. 3.32) спеціалізованих бойків (рис. 3.33) зі струмком, що забезпечують форму бочки ролика, ці недоліки усунуті. За одне нагрівання в кожному куванні кують два роликів. На бойках формують бочки роликів, а також відтягають і відрубують кінці кування. Технологія кування наступна: кування в профільному струмку послідовно двох бочок довжиною 272 мм (рис. 3.32, а); протягання металу між

бочками на розмір 640 мм і відрубка від штанги (рис. 3.32, б); протягання других кінців роликів і їх розрубка (рис. 3.32, в). Економія металу на кожній деталі становить 10 кг. значно збільшена продуктивність. Цей приклад характеризує перехідний етап між куванням у підкладних і закріплених штампах. Фасонні бойки (рис. 3.33) ще не є типовими штампами, але вони ставляться до інструментів, що закріплюються, а їх струмки мають подібність із підготовчими струмками штампів об'ємного штампування.

Описані приклади розташовані в порядку збільшення ступені спеціалізації виробництва кувань. У міру збільшення серійності їх виробництва можливість спеціалізації технологічних процесів ще більш збільшується. При досягненні критичних серійностей, обумовлених економічними розрахунками, стає доцільною об'ємне штампування в закріплених штампах.

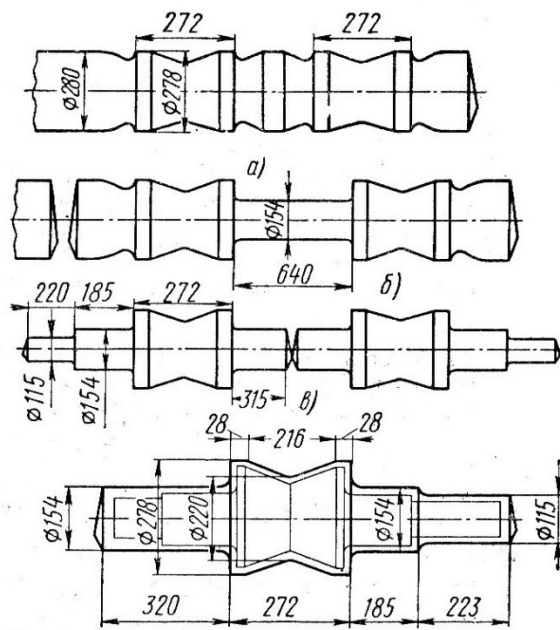


Рисунок 3.32 – Технологічний процес ковки роликів

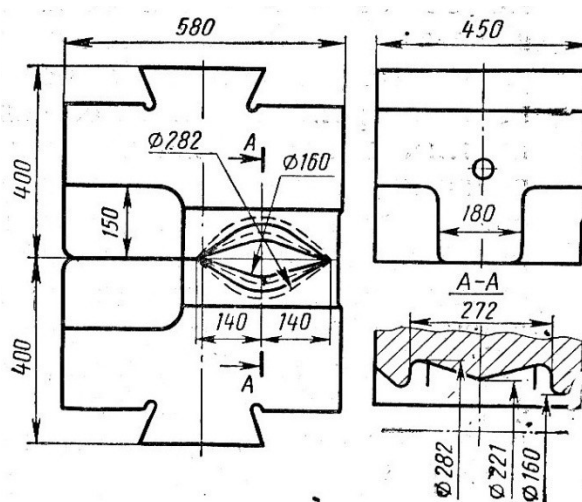


Рисунок 3.33 – Профільні спеціалізовані бойки для ковки роликів

Одне з напрямків удосконалювання технології кування пов'язане із застосуванням нових форм ковальського інструмента. Після того, як установили, що інтенсивність проковування металу залежить від величини й числа площин максимального зрушення у вогнищі деформації, у Московському інституті сталі й сплавів була розроблена конструкція бойків, що забезпечують непрямолінійний фронт подач. Найпростіший варіант таких бойків – це круглі в плані плоскі бойки, при куванні якими границі подач криволинейні (описані радіусом круглих бойків). Такі бойки можуть бути вирізними або комбінованими. Із криволінійною границею подач можна кувати призматичними бойками з вертикальним додатковим вирізом під кутом (і кутом звичайного вирізу (рис. 3.34).

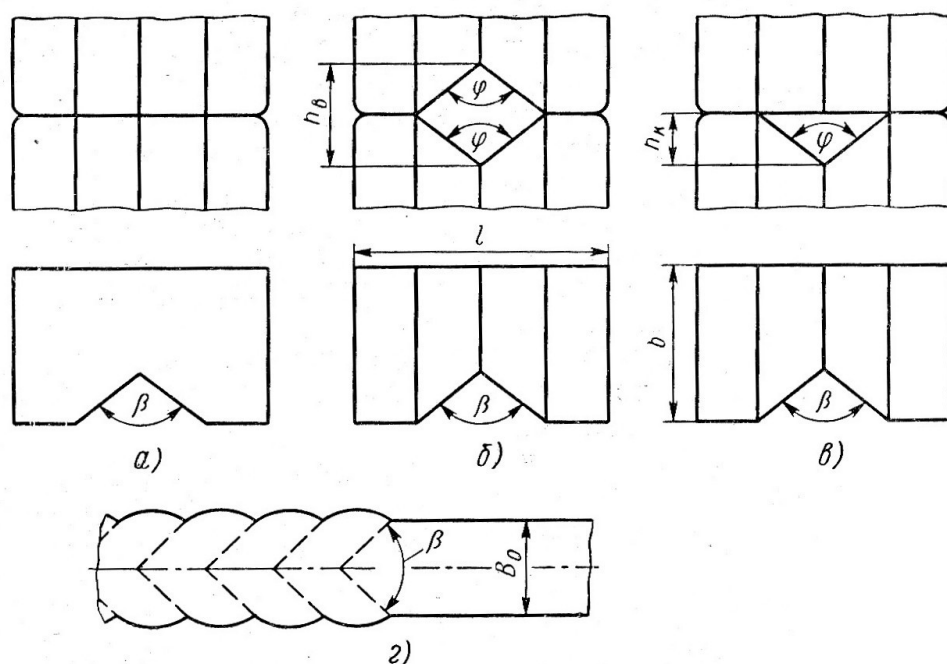


Рисунок 3.34 – Різноманітні бойки для ковки з криволінійним фронтом подачі

При куванні такими бойками зберігаються їхні особливості, але вогнище деформації одержує іншу форму (у цьому випадку ялинко подібну, на рисунку 3.34, г вона обмежена штриховими лініями), причому залежно від величини кута (вертикального вирізу розширення відбувається не під прямим кутом до напрямку подач, а площини максимального зрушення виходять збільшеної довжини й поверхні. Це сприяє підвищенню турбулентності деформації й, як наслідок, її зменшенню для руйнування литому структури й досягнення оптимальних механічних властивостей металу.

Для прискорення протягання розроблена конструкція інструмента з поперечної до напрямку подач вилученням у плоских бойках. Обжимають одночасно двома виступами, що утворюють вилучення, що вимагає збільшення потужності встаткування в 2 рази.

Відома так звана косе кування, при яким напрямок подачі перебуває під кутом 45 або 60° до фронту подач. У цьому процесі вогнище деформації виходить у вигляді паралелограма в плані, а розширення під кутом відповідає скосу подач. Перевага косоного кування полягає в підвищенні однорідності деформації, однак продуктивність цього процесу нижче, чим при звичайнім куванні.

При куванні мало пластичної сталі здвигові деформації можуть бути більш небезпечними, чому нормальні. Для «зм'якшення» границь зрушення розроблені жваві із вхідним конусом. Від звичайних ці бойки відрізняються наявністю вхідної частини, виконаної у вигляді поверхонь перехід до робочих граней під кутом, меншим кута тертя щоб уникнути виштовхування заготовки замість її обтиснення. При куванні цими бойками, розробленими В.І. Залеским, обтиснення наростає поступово в міру проходження заготовки через вхідний конус, а між ділянками, що суміжно обжимаються, немає різко обкресленої границі, що запобігає трещиноутворенню.

Зміст технологічної розробки

Особливість розробки технологічного процесу штамповки кувань полягає в тому, що одночасно визначається конструкція відповідного оснащення. Завдання технологічної розробки виходячи з форми й розмірів деталі по кресленню полягають у визначенні: можливих варіантів технології й виборі найбільш ефективного з них; об'єма, форми й розмірів заготовки; обсягу, форми й розмірів кування; способу й продуктивності при нагріванні заготовки; способу штампування кувань; числа й форми переходів; типу, конструкції й розмірів інструмента; типу оздоблювальних операцій; економічної ефективності прийнятого технологічного розв'язку.

Послідовність розробки технологічного процесу конструювання інструмента наступна. По укрупнених техніко-економічних даних установлюють найбільш доцільний спосіб штампування й вибирають тип штампа (наприклад по величині критичної серійності й з урахуванням типу пропонованого до використання встаткування). Потім розробляють креслення кування й підбирають вихідну заготовку; визначають термомеханічний режим деформації металу.

Відповідно до прийнятого способу штампування й типом штампа розраховують переходи, визначають зусилля (іноді й роботу) на формацію, підбирають типорозмір машини-знаряддя й засобу механізації й автоматизації. Потім розробляють робочі креслення штампів і пристосувань. На закінчення визначають норми часу й продуктивність роботи, після чого розраховують техніко-економічні показники прийнятого варіанта зіставляють їх з відповідними показниками, характерними для даної галузі промисловості. Кінчається розробка технології встановленням заходів щодо охорони й санітарно-гігієнічним умовам праці, а також у галузі охорони природи.

Окремі питання технологічної розробки були розглянуті вище у відповідних параграфах і главах, виключення становлять питання нормування,

механізації, автоматизації й організації виробництва, що є предметом розгляду інших дисциплін.

У даному розділі наведені додаткові матеріали, необхідні при розробці технологічного процесу.

Деякі труднощі пов'язані із установленням оптимального варіанта процесу. Враховуючи тип виробництва, форму й габаритні розміри кувань, состав сталі, необхідну точність кувань і інші їхні характеристики, вибирають один з варіантів процесу (рис. 3.35).

Для встановлення типу штампа (відкритий, закритий, для видавлювання, із цільною або рознімною матрицею і т.д.) необхідно враховувати особливості конфігурації кування. Для цього слід використовувати класифікацію кувань. Відомо велика кількість класифікацій і розроблена вони з урахуванням різних ознак, головними з яких є конфігурація, обсяг і хімічний склад сталі для кувань.

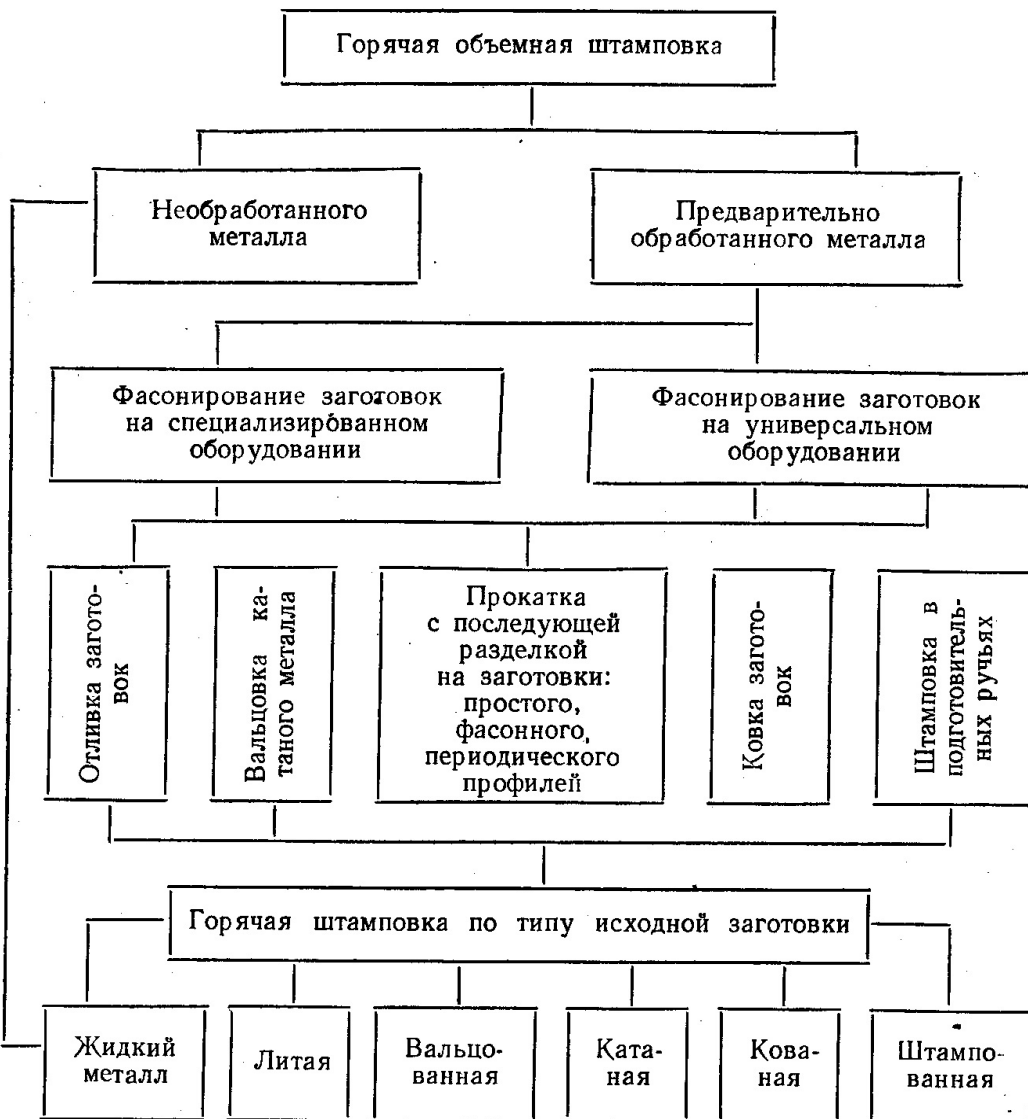


Рис. 306. Классификация процессов горячей (объемной) штамповки

Рисунок 3.35 – Класифікація процесів гарячої (об'ємної) штамповки

При виборі переходів штампування використовують дані, наведені в справжній книзі, залежно від обраного типу штампа й устаткування. Формоутворення аналізують на підставі епюр діаметрів і перетинів. Наприклад, для кувань із розвилками в епюрі перетинів обидві площі на ділянці розвилки поєднують у загальну з обліком додаткового внутрішнього заусенця. При дуже великій відстані між розвилками застосовують розсікачі. Для несиметричних кувань необхідне застосування формувального струмка. Для кувань із вигнутою віссю доводиться вирішувати питання про те, що буде піддано гібці: заготовка або кування. Розв'язок цього й інших подібних питань дозволяє встановити форму кування, а отже, і форму порожнини остаточного струмка штампа. Про форму кування можна судити по її кресленню.

Складання креслень сталевих штампованих кувань здійснюють відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 7505-74. Стандарт передбачає категорії кувань залежно від призначення й умов роботи деталі з поділом на два класи точності: I клас - кування підвищеної точності й II клас — кування нормальної точності. Кування більш високої точності калібруванням, що досягається, виділені в спеціальний клас.

Для визначення класів точності, величин припусків, допусків і напусків у стандарт уведені наступні параметри: група сталі кувань (M1 — вуглецева та легована сталі, що містять до 0,45% Із при зміні до 2% легуючих елементів; M2 — більш легована сталь); ступінь складності кувань; конфігурація поверхні рознімання штампа (плоска П и вигнута И).

Масу кувань визначають по чистових розмірах деталі з урахуванням припусків, напусків і 0,5 позитивного (верхнього) відхилення для зовнішніх розмірів і 0,5 негативного (нижнього) відхилення для розмірів порожнини й отворів. При полум'янім нагріванні металу припуски збільшують (для кувань масою ВІД 2,5 до 6 кг на 0,5-0,8 мм і для більш масивних кувань до 1 мм).

При оформленні креслення кування форму готової деталі вичерчують усередині контуру кування більш тонкими лініями, що необхідно для проставляння припусків, вказівки напусків і наочної вистави про обсяг металу, що йде в стружку.

Допуски з відповідними знаками (\pm) проставляють більш дрібними цифрами, розташованими праворуч, трохи вище цифри основного розміру на кресленні.

Креслення кування становлять по кресленню деталі, на яким проставлені її розміри, позначені місця обробки із вказівкою класу й параметрів шорсткості, а також базові поверхні при механічній обробці. На кресленні кування також указують вихідні бази для механічної обробки. Крім розмірів з допусками на кресленні кування дають її назва, ступінь складності виготовлення, клас точності, марку сталі, спосіб нагрівання, масу кування, а також припустиму величину торцевого заусенця (для кувань із закритих штампів) або залишку після обрізки (для кувань із відкритих штампів), величину непозначених на кресленні радіусів закруглення, припустимий зсув штампів, точність розмірів без вказівки допуску, твердість металу кування й масштаб креслення (рис. 307).

Для штампованих кувань проставляють розміри, відповідні до холодного кування. Це креслення необхідне при прийманні кувань, тому розміри проставляють із допусками.

Креслення гарячого кування не має допусків на розміри; його використовують при конструюванні фігури штампа, оскільки профіль порожнини чистового струмка повинен відповідати перетину гарячого кування. Номінальні розміри на кресленнях гарячої й холодної кувань відрізняються між собою на величину теплової усадки металу з моменту закінчення штампування.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Середа, Б.П.* Теорія будови рідкого, кристалічного та аморфного стану речовини. [Текст]: / Б.П. Середа. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2008. – 238 с. Бібліогр.: с.236. – 300 прим. ISBN 978-966-7101-97-8
2. *Середа, Б.П.* Обробка металів тиском. [Текст]: / Б.П. Середа. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. – 344 с. Бібліогр.: с. 342 прим. ISBN 978-966-8462-11-5
3. *Щерба, В.Н.* Технологія пресування металів. [Текст]: / Щерба В.Н., Райтберг Л.Х. Навчальний посібник. – Москва: Видавництво Металургія, 1995 р., 336 с.
4. *Жолобов, В.В.* Пресування металів. [Текст]: / Жолобов В.В., Зверев Г.І. – Москва: Видавництво Металургія. 1971 р., 456 с.
5. *Шур, І.А.* Технологічне встаткування для пресування металів. [Текст]: / Шур І.А. – Москва: Металургія, 1983 р., 160 с
6. *Данченко, В.М.* Теорія процесів обробки металів тиском [Текст]: / В.М. Данченко, В.О. Гринкевич, О.М. Головка. Підручник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с. Бібліогр.: с. 365. – 500 прим. ISBN 978-996-525-968-8
7. *Суворов, І.К.* Обработка металлов давлением [Текст]: / И.К. Суворов. – М.: Высшая школа, 1973. – 384 с.
8. *Колгоморов, В.Л.* Механика обработки металлов давлением. [Текст]: / В.Л. Колгоморов. – М.: Металлургия, 1986. – 688 с.
9. *Громов, Н.П.* Теория обработки металлов давлением [Текст]: / Н.П. Громов. – М.: Металлургия, 1978. – 360 с.
10. *Гун, Г.Я.* Пластическое деформирование металлов [Текст]: / Г.Я.Гун, П.И. Полухин. – М.: Металлургия, 1968. – 373 с.
11. *Гун, Г.Я.* Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением [Текст]: / Г.Я. Гун. – М.: Металлургия, 1983. – 353 с.
12. *Фридман, Я.Б.* Механические свойства металлов. [Текст]: / Я.Б. Фридман. – М.: Оборонгиз, 1952. – 172 с.
13. *Бочвар, А.А.* Металловедение. [Текст]: / А.А. Бочвар. – М.: Металлургиздат, 1956. – 472 с.
14. *Епифанов, Г.И.* Трение как сопротивление сдвигу тонких поверхностных слоев твердых тел. [Текст]: / Г.И. Епифанов. – М.: ДАН. т. 114, № 4, 1957. – 186 с.
15. Технологія процесів обробки металів тиском. / Під ред. Напівхіна П.І. М., Металургія, 1988 р., 408 с.
16. *Середа, Б.П.* Технологія ковальсько-штампувального виробництва [Текст]: / Б.П. Середа, Обдул В.Д., Кругляк І.В., Галочка В.Г., Іващенко В.І., Косинський В.В., Шейко С.П. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Видавництво

Запорізької державної інженерної академії, 2009. – 258 с. Бібліогр.: с.256. – 257
прим. ISBN 978-966-8462-12-2