

2 ТЕХНОЛОГІЯ ШАРУВАТИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Класифікація шаруватих металів і області їх застосування

Застосування шаруватих металів дозволяє суттєво підвищити ефективність виробництва широкого класу деталей і устаткування для підприємств хімічної, нафтової, сільськогосподарської, транспортної, енергетичної тощо галузей машинобудування. До споживачів шаруватих композицій відносяться також приладобудування й радіоелектроніка, інструментальна промисловість, товари побутового й господарського призначення.

Всі одержані в цей час шаруваті метали по призначенню можна підрозділити на наступні види: корозійностійкі, антифрикційні, електротехнічні (провідникові, контактні), інструментальні, зносостійкі, термобіметали, композиції для побутових виробів. У сортамент виробів із шаруватих металів входять листи, штаби, прутки, труби, фасонні профілі.

Корозійностійкі шаруваті метали. Для підвищення ефективності використання металу й захисту від корозії, його виготовляють у вигляді декількох шарів. Це дозволяє також знизити витрати дефіцитних металів і використовувати головну технічну перевагу слоїстої композиції - з'єднання в

одному матеріалі різних службових властивостей. Інші важливі властивості шаруватих металів: теплопровідність і технологічність (здатність до зварювання, гнуття, штампуванню). Корозійностійкі шаруваті метали застосовують у суднобудуванні для захисту від корозії в морській воді, у легкій і харчовій промисловості - для виробництва обладнання молочних заводів, резервуарів, емкостей, тощо.

Зносостійкі шаруваті метали. У зносостійких композиціях, як плакуючий шар, застосовують сталі й сплави з високою стійкістю проти абразивного зношування, а для основного шару зазвичай використовують низьколеговану сталь. Основним критерієм якості зносостійких матеріалів є питоме зношування твердого шару (лінійний або по масі), який визначається за допомогою випробувань зразків сільськогосподарського устаткування при обробці ґрунту.

Електротехнічні шаруваті метали. В електротехніці й електроніці шаруваті метали застосовують, як провідники, і як деталі контактних пристроїв (рисунок 2.1).

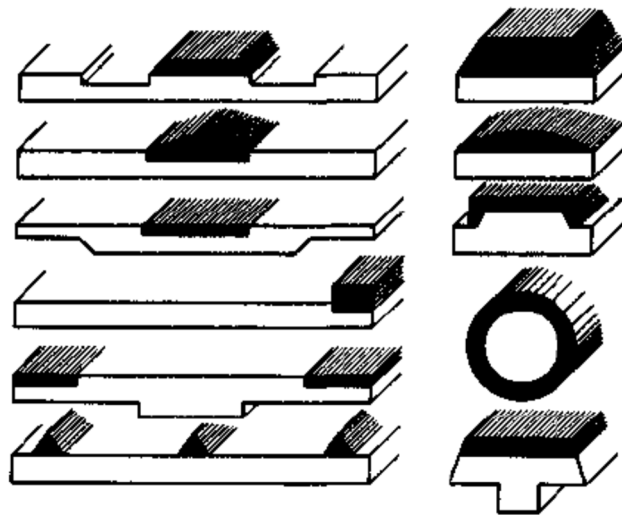


Рисунок 2.1 - Шаруваті смуги для електричних контактів і деталей електронних приладів

Зазвичай шарувата металева композиція поєднує в собі високі електричні й міцнісні властивості при мінімальній витраті дорогих і дефіцитних провідникових матеріалів (Cu, Ag, Au та інші). Крім того, біметалічні провідники мають, як правило, меншу масу й більш високу корозійну стійкість. Шаруваті метали знайшли широке застосування в контактних пристроях радіоелектронної апаратури. Прикладом може служити композиція на основі міді з покриттям у вигляді смуг зі срібла або його сплавів, яка виготовляється методом холодного плакування. Мікроконтакти з таких біметалів мають високу надійність.

Антифрикційні шаруваті метали. Одна з ефективних галузей використання шаруватих металів - виробництво підшипників ковзання

(нероз'ємних і зварених втулок, опорних кілець, сферичних опор, тощо). У сучасних машинах застосування підшипників ковзання більш перспективно, ніж застосування підшипників кочення, завдяки меншим габаритам і металосьмності, а також більш високим робочим характеристикам. Біметалічні підшипники виготовляють на автоматичних лініях за допомогою штампування при мінімальних відходах кольорових металів.

Термобіметали. Термобіметали широко застосовують для виготовлення чутливих елементів теплових приладів, автоматичних регуляторів температури й часу, компенсаторів, амперметрів, ватметрів, сигналізаційних пристроїв і таке інше. Основна характеристика термобіметалів - термочуттєвість, тобто здатність змінювати свою форму при нагріванні. Отже, для досягнення максимального вигину необхідно підбирати складові з великою різницею коефіцієнтів лінійного розширення.

2.2 Способи виробництва шаруватих металів

Усі способи виробництва шаруватих металів класифікуються за наступними п'ятьом основним параметрам, що визначають процес зварювання: 1) тиск (холодне зварювання); 2) тиск і температура (пресове зварювання, стикове зварювання опором, оплавленням, і з нагріванням струмами високої частоти без газового захисту, зварювання вибухом); 3) тиск, температура й середовище (зварювання опором, оплавленням, і з нагріванням токами високої частоти в контрольованому газовому середовищі); 4) тиск, температура, час і середовище (дифузійно-вакуумне зварювання); 5) тиск і швидкість взаємного переміщення (зварка тертям, ультразвукова зварка)

2.3 Прокатка шаруватих металів

Сутність методу одержання шаруватих металів прокаткою полягає в спільній деформації листів, смуг або штаб, металів що з'єднуються, зібраних у пакет. Прокатку застосовують і для одержання фасонних шаруватих профілів, труб, прутків і дроту. При цьому деформація може здійснюватися як у гарячому, так і в холодному стані. Гаряча прокатка - основний промисловий спосіб виробництва широкого класу шаруватих металів. Принципова схема способу складається з наступних основних операцій: підготовки складових пакета, збирання пакета, нагрівання і прокатки пакета, різання, термічної обробки, обробки й контролю якості готового шаруватого металу.

Для очищення контактних поверхонь, металів що з'єднуються від забруднень, оксидних і масляних плівок застосовують механічну обробку (строжку, фрезерування, абразивне й дробоструйне зачищення, а також зачищення металевими щітками), травлення, промивання й знежирення,

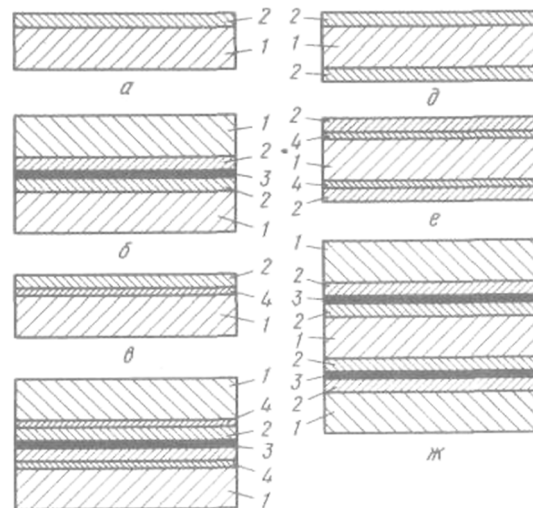
Для запобігання виникненню під час нагрівання й прокатки оксидних плівок на контактних поверхнях застосовують захист. Для цього на поверхні наносять покриття електrolітичними методами, наплавленням, напилюванням, Застосовують також підшар з фольги або порошків. У ряді випадків підшар

використовують не тільки для захисту поверхні від окислення, але й для запобігання взаємної дифузії складових, якщо вона приводить до зниження міцності з'єднання.

Для забезпечення надійного з'єднання металів, що погано з'єднуються один з одним, застосовують також попереднє плакування контактної поверхні одного з листів, що з'єднуються, пластиною металу, що добре з'єднується з обома складовими. Цей прийом використовують також при прокатці товстолистових шаруватих металів з метою зниження обтиснення, необхідного для забезпечення міцного з'єднання.

2.4 Схеми укладання складових біметалу й конструкцій пакетів

На рисунку 2.2 наведені схеми укладання складових біметалу в пакети для прокатки дво- і тришарових листів.



а - несиметричний двошаровий пакет; б - симетричний подвійний пакет; в - несиметричний пакет зі сполучним підшаром; г - симетричний подвійний пакет зі сполучним підшаром; д, е - тришарові симетричні пакети без сполучного підшару і з підшаром відповідно; ж - семишаровий симетричний пакет для одержання одного тришарового і дво двошарових листів; 1 - основний шар; 2 - плакуючий шар; 3 - розділювальний підшар; 4 - сполучний підшар.

Рисунок 2.2 - Схеми укладання складових шаруватих металів у пакети для наступної прокатки дво- і тришарових листів

При одержанні двошарових композицій використовують несиметричні пакети (рисунок 2.2,а), складені з основного, й плакуючого шарів, а також подвійні (парні) симетричні пакети (рисунок 2.2, б). В останньому випадку одночасно одержують два біметалічні листи, ізольовані один від одного прошарком, який запобігає зварюванню однойменних складових при прокатці. На рисунку 2.2, в, г наведені схеми пакетів з підшаром. Для одержання листів із

двостороннім плакуванням застосовують прокатку симетричних тришарових пакетів без підшару (рисунок 2.2, д) і з підшаром (рисунок 2.2, е).

За допомогою прокатки семишарових симетричних пакетів можна одночасно одержувати тришаровий і два двошарові листи (рисунок 2.2, ж). При застосуванні симетричних пакетів зменшуються й навіть повністю виключаються вигин і короблення шаруватого металу при термічній обробці й прокатці. При прокатці несиметричних пакетів через відмінність в опорі деформації шарів неминучі вигин шаруватого металу, а часом і руйнування пакету.

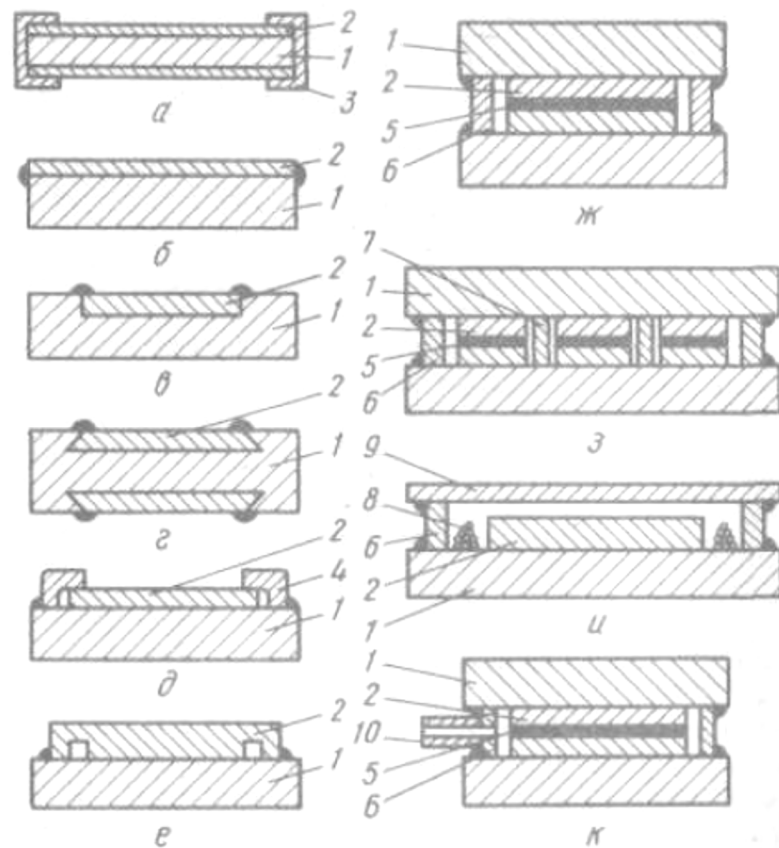
Конструкції пакетів різняться не тільки схемою укладання складових, але й способом їх з'єднання, що забезпечує міцність і герметичність при нагріванні і прокатці.

При холодній прокатці шаруватих металів не потрібен захист контактних поверхонь від окислення; це стосується також гарячої прокатки металів, оксидна плівка яких легко руйнується й не знижує суттєво міцності з'єднання. У цьому випадку можна проводити прокатку без попереднього скріплення складових або з використанням найпростіших способів скріплення переднього кінця пакета, наприклад, за допомогою заклепок. Однак при гарячій прокатці більшості шаруватих металів герметизація пакета обов'язкова.

Один з найбільш старих способів складання пакета невеликої товщини полягає в обгортанні пластини основи плакуючим листом. Таким чином ще в минулому столітті одержали біметал свинець + олово: невеликий злиток свинцю обгортали листами олова й прокатували отриманий пакет при 70 - 100°C. При одержанні тришарових листів томпак + сталь + томпак довгий час використовували пакети товщиною до 32 мм, що збираються за допомогою обгортання сталевий пластини томпаковою смугою (рисунок 2.3, а).

На незакриті торці пакета надягали скоби (накладки) з тонкої сталевий стрічки. Такі пакети піддавали нагріванню у відновлювальній атмосфері до 900°C і наступній гарячій й холодній прокатці до товщини 0,15 - 1 мм. В наш час композицію сталь + томпак виготовляють за допомогою холодної прокатки рулонним способом.

Для зборки пакетів з відносно товстих складових широко застосовують електрозварювання, а в окремих випадках (коли метали не піддаються зварюванню) використовують пайку. На рисунку 2.3, б показана конструкція пакета для прокатки біметалу, складові якого мають близькі коефіцієнти теплового розширення. Плакуючий шар приварений по периметру до основного шару. При прокатці біметалу по схемах, наведених на рисунку 2.3, в, г пластини, що плакують, укладають у поглиблення, простругане або профрезероване в основній пластині, а потім заварюють місця стиків.



а - двошаровий пакет із захистом торців скобами; б - г - пакети зі складових з близькими коефіцієнтами теплового розширення; д, е - пакети, що дозволяють компенсувати різницю в тепловому розширенні складових; ж - чотиришаровий подвійний пакет; з - секційний пакет; и - пакет з пірофорною речовиною; к - вакуумуємий пакет; 1 - основний шар; 2 - плакуючий шар; 3 - захисні скоби; 4 - кутки; 5 - розділюючий шар; 6 - захисні планки; 7 - розділювальні планки; 8 - пірофорна речовина; 9 - пластина-кришка; 10 - вакуумуючий патрубок.

Рисунок 2.3 - Схеми пакетів для гарячої прокатки шаруватих металів

У випадку істотної різниці в коефіцієнтах теплового розширення основного і плакуючого металів конструкція пакета повинна забезпечувати компенсацію цієї різниці. На рисунку 2.3, д показаний пакет, у якому плакуючий лист має більший, ніж лист основи коефіцієнт теплового розширення. Він має зазор між своїми торцевими поверхнями і кутками, привареними до пластини основи, для теплового розширення.

Конструкція пакета на рисунку 2.3, е дозволяє пластині, що плакує, згинатися при нагріванні завдяки зменшенню її жорсткості за допомогою проточки пазів поблизу кромки.

При складанні чотиришарових подвійних пакетів використовують захисні планки, приварені до пластин основного металу (рисунок 2.3, ж). Зазори між планками і плакуючими пластинами, дозволяють компенсувати різницю в тепловому розширенні металів.

Для прокатки особливо товстих листів можна застосовувати секційні пакети (рисунок 2.3, з), які спочатку прокатують на обтискному стану, потім розрізають уздовж по розділювальним планкам, одержуючи дві або три (по числу секцій) чотиришарові герметичні заготовки, які надалі прокатують на товстолистовому стані.

Слід зазначити, що жодна з наведених конструкцій пакетів не забезпечує їхньої повної герметизації, тому в ряді випадків застосовують додаткові заходи, спрямовані на запобігання окислення контактних поверхонь. Наприклад, для поліпшення умов зварювання біметалів, у пакетах розміщують пірофорні речовини (порошки титану, алюмінію, магнію тощо), які при нагріванні зв'язують кисень і азот, тим самим зменшуючи взаємодію останніх з контактними поверхнями металів, що з'єднуються (рисунок 5, и). З цією метою застосовують також вакуумування пакетів і продувку їх інертними газами (рисунок 2.3, к). Для одержання шаруватих композицій з легкоокислюваних тугоплавких, рідких і благородних металів в ряді випадків використовують прокатку на вакуумних станах.

У наш час найбільш ефективним способом виробництва шаруватих металів невеликої товщини є рулонна прокатка. Цей спосіб у порівнянні зі способом поштучної пакетної прокатки має суттєво більшу продуктивність, дозволяє зменшити трудомісткість, дає можливість механізувати й автоматизувати технологічний процес, поліпшити умови праці.

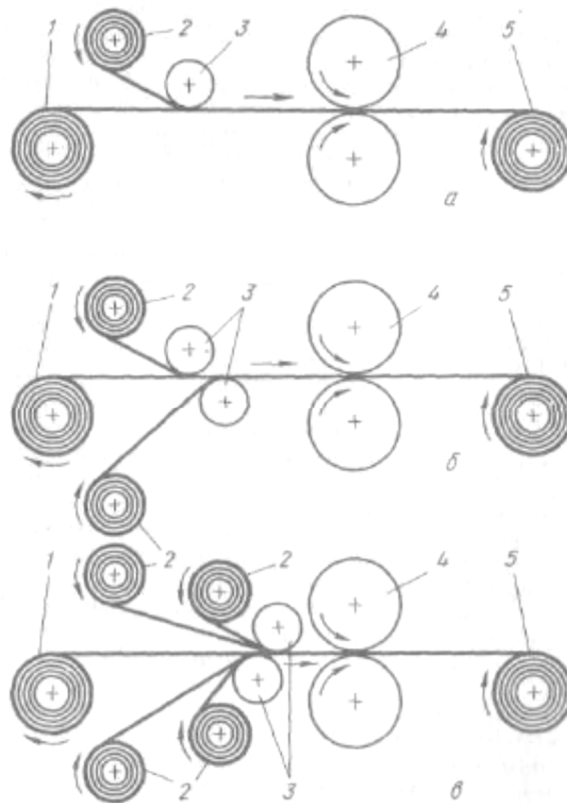
Схеми установок для виробництва шаруватих біметалів рулонним способом наведені на рисунку 2.4. В СНД і за кордоном методом холодної прокатки виробляють шаруваті композиції зі сталі, алюмінію, міді, титану, нікелю та їх сплавів.

При одержанні біметалічних прутків використовують прокатку складеної заготовки в калібрах. Прокатку зазвичай ведуть у системах калібрів ромб - квадрат і коло - овал. Одержувана кругла заготовка йде на наступне волочіння дроту для електротехнічної, хімічної тощоших галузей промисловості. Як основу (сердечника) біметалу звичайно використовують вуглецеві й низьколеговані сталі, а в якості плакуючого шару - мідь, алюміній, нікель і інші метали і сплави. Біметалічні труби можна одержувати також за допомогою поперечно - гвинтової прокатки заготовки суцільного перетину.

При виробництві інструментальних і зносостійких композицій використовують прокатку заготовок з місцевим плакуванням (рисунок 2.5, а).

Для виготовлення електричних контактних пристроїв використовують так звані шаруваті метали зі смуговим покриттям. Їх одержують спільною холодною прокаткою основного шару, на якому встановлюють паралельно розташовані заготовки плакуючого шару. Схема складання вихідних складових для одержання композицій зі смуговим покриттям і їх кінцевий перетин наведений на рисунку 2.5, б, в.

Профільні шаруваті композиції з декількома паралельними смугами металу, що плакує, можна одержувати за допомогою прокатки в каліброваних валках (рисунок 2.6).



1 - розмотувач із рулоном смуги основного шару; 2 - розмотувач із рулоном смуги плакуючого шару; 3 - направляючі ролики; 4 - робочі валки прокатного стану; 5 - моталка з рулоном багат шарової смуги.

Рисунок 2.4 - Схема отримання дво-, (а), три- (б) і п'ятишарової (в) штаби методом холодної прокатки в рулоні

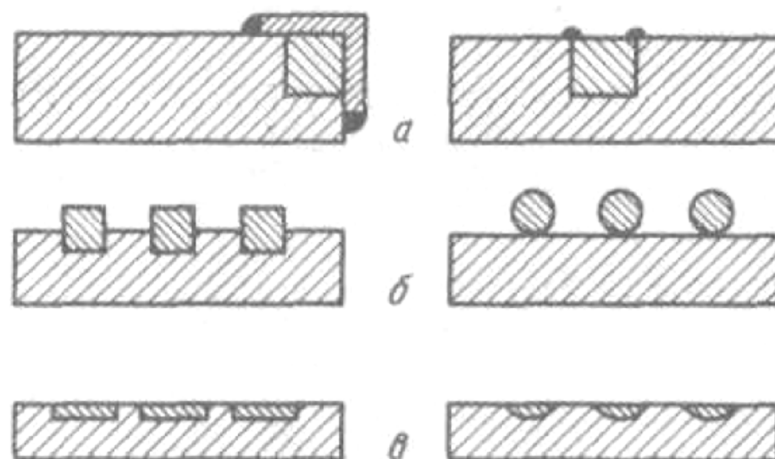
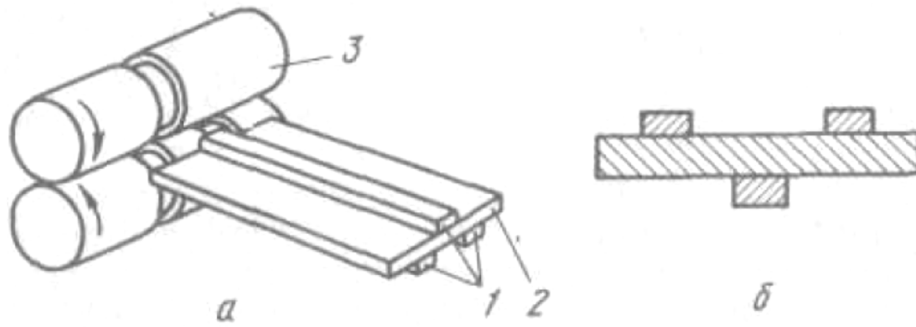


Рисунок 2.5 - Шаруваті заготовки з місцевим плакуванням (а), схема складання вихідних складових (б) і кінцевий перетин (в) шаруватих металів зі смуговим покриттям



1 - смуги плакуючого металу; 2 - основний шар; 3 – валки

Рисунок 2.6 - Схема прокатки шаруватих композицій зі смуговим покриттям у каліброваних валках (а) і кінцевий перетин композиції (б)

За допомогою спільної прокатки виготовляють дво- і тришарові панелі з каналами, призначені для виробництва випарників і теплообмінників з міді, алюмінію і їх сплавів.

При виробництві теплообмінників, елементів жорсткості у фюзеляжах і крилах літаків застосовують метод спільної холодної прокатки смуг з мідних і алюмінієвих сплавів з легованими сталями (рисунок 2.7).

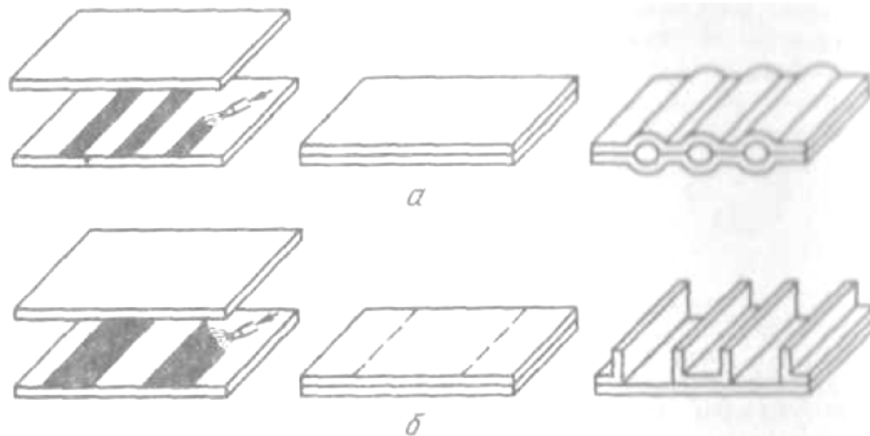


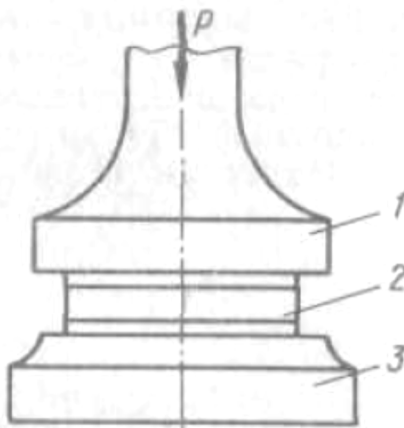
Рисунок 2.7 - Схеми виготовлення теплообмінників і елементів жорсткості за допомогою роздачі газом (а) і відгинання ребер (б)

Перед плакуванням на ділянки поверхні смуги - основи наносять спеціальну пасту, яка запобігає з'єднанню листів при прокатці. Після плакування отриману шарувату смугу нагрівають, у результаті чого паста розкладається і утворює газ. Діючи на смуги, газ розсовує їх, формуючи задану конструкцію. Для одержання ребристих панелей використовують також аналогічний процес, який полягає в наступному. На смугу - основу наносять пасту, яка запобігає з'єднанню основної й плакуючої смуги, але не розкладається з утворенням газу. Після прокатки смугу, що плакує, надрізають у місцях нанесення пасти й відгинають, створюючи ребра.

У хімічному і сільськогосподарському машинобудуванні, приладобудуванні та інших галузях знаходять застосування дво- і тришарові

труби й трубчасті конструкції (корозійностійкі, антифрикційні, провідникові). У якості основного шару використовують вуглецеві й леговані сталі, сплави на нікелевій основі, тощо. Для плакуючого шару застосовують мідь, алюміній, нікель і їх сплави. Основний спосіб виробництва таких труб полягає в складанні слоїстої заготовки, її деформації в холодному стані (прокатці, волочінні), термообробці

Шаруваті металеві композиції невеликих розмірів можна одержувати за допомогою осадки. Пакет, зібраний з компонентів, що з'єднуються, нагрівають у печі, а потім поміщають між бойками преса й осаджують (рисунок 2.8). Після цього отриману слоїсту заготовку піддають прокатці до потрібного розміру. Інший варіант методу полягає в тому, що попередньо стиснений пакет нагрівають у печі й витримують там до утворення міцного з'єднання. Можливості методу осадки обмежені потужністю пресового обладнання і значною нерівномірністю деформації шарів, викликані силами тертя на поверхні контакту металу з інструментом (бойками).



1 - верхній боек; 2 – зіставна заготовка; 3 - нижній боек.

Рисунок 2.8 - Схема одержання шаруватих металів за допомогою осадки