

УДК 621.762.4

А.С. Колпаков, К.О. Гогоєв, Г.Я. Калуцький**Институт проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ**
ОДЕРЖАННЯ БІМЕТАЛЕВИХ СТРИЧОК І СМУГ З МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ
МЕТОДОМ АСИМЕТРИЧНОЇ ПРОКАТКИ

Встановлені основні закономірності одержання біметалевих стрічок і смуг з металевих порошків систем Fe-Cu та Fe-Ti методом асиметричної прокатки. Також встановлені залежності між зміненням параметрів режимів прокатки та зміненням фізичних та механічних властивостей біметалічної стрічки. Показано, що використання асиметричної схеми прокатки для одержання металевих стрічок і смуг з металевих порошків має переваги порівняно з використанням класичної симетричної схеми прокатки.

Ключові слова: металічний порошок, асиметрична прокатка, біметалічні стрічки та смуги.

Рис. 2. Табл. 3. Літ. 4.

А.С. Колпаков, К.А. Гогоєв, Г.Я. Калуцький**ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТ И ПОЛОС ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ**
ПОРОШКОВ МЕТОДОМ АСИМЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ

Установлены основные закономерности получения биметаллических лент и полос из металлических порошков систем Fe-Cu и Fe-Ti методом асимметричной прокатки. Также установлены зависимости между изменениями параметров режимов прокатки и изменениями физических и механических свойств биметаллической ленты. Показано, что использование асимметричной схемы прокатки для получения биметаллических лент и полос из металлических порошков имеет преимущества по сравнению с использованием классической симметричной схемы прокатки.

Ключевые слова: металлический порошок, асимметричная прокатка, биметаллические ленты и полосы.

A. Kolpakov, K. Gogaev, G. Kalutsky**OBTAINING BIMETALIC FILMS AND STRIPES FROM METALIC POWDERS BY**
ASYMETRICAL ROLLING

The main regularities of bimetallic films, and stripes obtaining, from metallic powder Fe-Cu, and Fe-Ti systems, by asymmetrical rolling have been established. In addition, dependences between the rolling conditions and physical and mechanical properties of bimetallic plates were determine. It's shown that asymmetrical rolling has a number of advantages over classical symmetric rolling process.

Keywords: metallic powder, asymmetrical rolling, bimetallic films and stripes.

Одним з перспективних способів одержання довгомірних напівфабрикатів і виробів у вигляді пористих і безпористих листів і смуг, біметалічних і багатошарових матеріалів, високолегованих і високоміцних сплавів є прокатка порошків.

Прокатка порошків відкриває широкі можливості створення і виробництва ряду унікальних матеріалів зі спеціальними властивостями, які неможливо одержати іншими методами.

Однак одержання напівфабрикатів і виробів способом прокатки порошків зустрічає великі труднощі, які гальмують розвиток цього процесу. Велика кількість браку при прокатки зводять нанівець всі переваги цього перспективного процесу. Так, наприклад, навіть при незначній невідповідності швидкісних умов прокатки характеристикам порошкового матеріалу (формі і розміру часток, їхньої текучості і пластичності) виходить нерівномірний розподіл щільності по ширині прокату. При спіканні таких стрічок через нерівномірність усадки відбувається, як правило, надмірна коробуватість. Цей брак невиправний.

При прокатки вузьких стрічок часто відбувається відхилення прокату від прямолінійних розмірів (так ване явище серповидності). Через те, що неможливо створити під час прокатки порошків натяг с переду та позаду валків, таке явище виникає знезацька, навіть при налагодженому технологічному процесі [1].

Нерівномірність розподілу нормальних контактних напруг в осередку деформації по ширині часто приводить до руйнування прокату. Великі тиски під час прокатки створюють значну пружну деформацію і пружне сплющування валків, що приводить до поздовжній і поперечної різнотовщинності і неплосинності.

Спосіб одержання прокату з порошків з асиметричною схемою деформування дозволяє усунути усі наведені вище недоліки [2-4].

Використання асиметричної схеми прокатки для одержання металевих стрічок і смуг з металевих порошків дозволяє досягнути, при необхідності безпористого стану матеріалу, високого подрібнення його структури та забезпечує надійний металічний контакт між

деформованими частками по всій довжині виробу. Також значно збільшується якість контактів між частками перехідної зони, що збільшує адгезію шарів виробу.

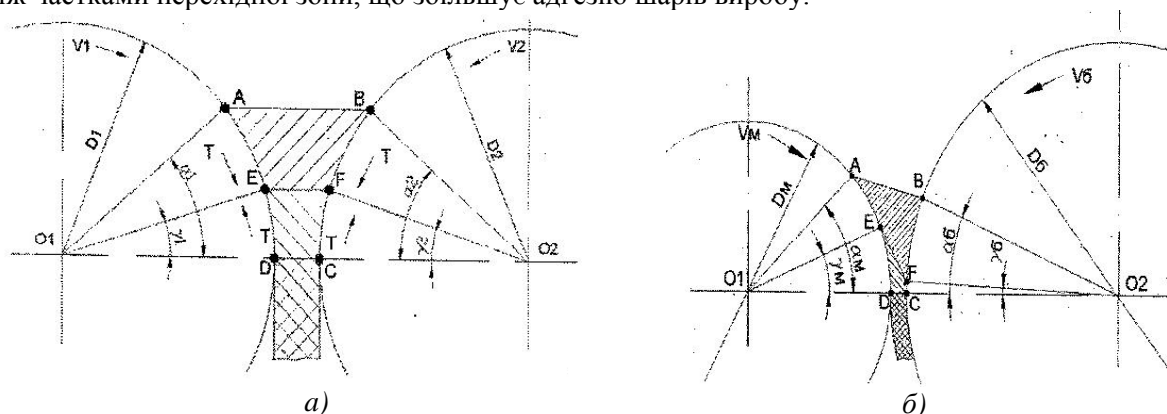


Рис. 1. Схема деформування при симетричній (а) та асиметричній (б) прокатці: $D1 = D2$; $D(b) > D(m)$; α – кут прокатки; γ – нейтральний кут; ABFE – зона відставання; EFCD – зона випередження, EF – нейтральний перетин

На рис. 1. зображені симетрична та асиметрична схема деформування. Зона EFCD – зона випередження у якій створюється натягнення стрічки за рахунок різниці за напрямком сил тертя дуг контакту ED та BF.

Порівняно з використанням симетричної прокатки, де нерівномірне розподілення густини по ширині стрічки, що є наслідком відсутності переднього та заднього натягу, призводить до ефекту серповидності та, при подальшому спіканні, до утворення тріщин, схема напруженого стану при асиметричній прокатці така, що під час деформування з'являються сили дотичних напружень, що створюють передне та заднє натягнення, що різко зменшує нерівномірність розподілу деформації по ширині стрічки а також виключає утворення явища серповидності.

Використання асиметричної схеми прокатки дозволяє знизити тиск на валки на 25-40%, в залежності від співвідношення діаметрів валків або величини неузгодженості їх кутових швидкостей. Це дозволяє при тих самих енергетичних затратах отримувати більш якісну продукцію [2].

Однак, не дивлячись на всі переваги асиметричної прокатки, можливість її використання для отримання біметалевих стрічок з порошкових матеріалів ще не була досліджена, що робить дану роботу актуальною.

Для виконання експерименту використовували порошки міді ПМС1 заліза ПЖР та титану ПТС. Їх властивості наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Властивості порошків ПЖР, ПМС1, ПТС

Порошки	Насипна щільність гр/см ³	Щільність гр/см ³ утряски	Текучість порошку гр/сек
ПЖР	2,5	2,984	1,29
ПМС1	2	2,486	1,12
ПТС	1,736	2,08	0,78

Суть способу одержання біметалевих стрічок і смуг з металевих порошків полягає в тому, що для формування стрічки використовують процес асиметричної прокатки у валках різного діаметру, причому порошок з менш пластичного металу подається зі сторони валка з меншим діаметром. За основний критерій пластичності використовували границю плинності матеріалу порошку.

Відношення діаметрів валків 1,3 вибирали з тих міркувань, що при відношенні діаметра більшого валка до діаметра меншого валка меншому за 1,1 не спостерігається істотних змін процесу прокатки у порівнянні з прокаткою у валках однакового діаметра, а при збільшенні відношення діаметра більшого валка до діаметра меншого валка до 1,3 спостерігається поліпшення якості одержуваних стрічок і смуг. Максимальний позитивний ефект спостерігається при співвідношенні діаметрів валків 1,3 [3].

Прокатку біметалевих смуг шириною 15 мм проводили на чорновій кліті прокатного стану ДУО 200 з діаметром більшого валка $D1=198$ мм, та діаметром меншого валка $D2=150$ мм. Співвідношення діаметрів валків $D1/D2=1,32$

Прокатку здійснювали з лінійною швидкістю 2 м/хв. У бункер, розділений шибером на дві частини, зі сторони меншого валка подавали порошок заліза марки ПЖР, а зі сторони більшого валка - порошок міді марки ПМС-1. Під час експерименту змінювали положення шиберу у бункері, в горизонтальній площині. Було отримано три зразки, прокатаних з різним положенням шиберу у бункері. Потім повторювали експеримент, але на цей раз зі сторони малого валка подавали порошок міді марки ПМС-1, а зі сторони більшого валка - порошок заліза марки ПЖР, також було отримано три зразка прокатаних з різним положенням шиберу.

При тих самих умовах проведення експерименту, з порошків заліза ПЖР та титану ПТС були отримані біметалічні стрічки системи Fe - Ti. Усього було отримано шість зразків прокатаних з різним положенням шиберу: три, коли порошок ПЖР подавали зі сторони малого валка та ще три, коли порошок ПЖР подавали зі сторони великого валка.

Отримані після прокатки смуги систем Fe-Cu та Fe-Ti спікали у водні при температурі 1000°C протягом 2 годин.

Товщини шарів біметалів, отриманих асиметричною прокаткою, які регулювали за допомогою зміни положення шиберу у бункері, наведені, для біметалів системи Fe-Cu, в таблиці 3 та для біметалів системи Fe- Ti в таблиці 4.

Таблиця 2.

Товщини шарів отриманих біметалів системи Fe - Cu

Матеріал	Товщина мм					
	I Fe -Cu			II Fe -Cu		
	1	2	3	1	2	3
Fe	0,42	0,37	0,41	0,5	0,4	0,4
Cu	0,3	0,2	0,22	0,19	0,25	0,25
Fe-Cu	0,72	0,57	0,63	0,69	0,65	0,65

де, 1 – шибер здвинули в сторону малого валка; 2 – шибер знаходиться по центру бункера; 3 – шибер здвинули в сторону великого валка; I Fe -Cu – залізо подавалось зі сторони малого валка; II Fe -Cu - залізо подавалось зі сторони великого валка.

При прокатці стрічок системи Fe –Cu, у випадку, коли залізо подавалось зі сторони великого валка, отримані стрічки мали низьку щільність та схильність до руйнування.

Таблиця 3.

Товщини шарів отриманих біметалів системи Fe- Ti

Матеріал	Товщина мм					
	I Fe - Ti			II Fe - Ti		
	1	2	3	1	2	3
Fe	0,3	0,37	0,24	0,33	0,29	0,27
Ti	0,43	0,34	0,68	0,34	0,48	0,34
Fe- Ti	0,73	0,61	0,92	0,67	0,77	0,61

де, 1 – шибер здвинули в сторону малого валка; 2 – шибер знаходиться по центру бункера; 3 – шибер здвинули в сторону великого валка; I Fe - Ti – залізо подавалось зі сторони малого валка; II Fe - Ti - залізо подавалось зі сторони великого валка.

При прокатці стрічок системи Fe-Ti також, коли менш пластичний метал подається зі сторони великого валка, отримані стрічки мали низьку щільність та схильність до руйнування. Крім того, коли менш пластичний матеріал знаходиться зі сторони малого валка, зменшується викривлення стрічки у сторону великого валка, низька пластичність матеріалу компенсує більші напруження зі сторони меншого валка.

На рис.2 зображені мікрофотографії зразків біметалів системи Fe-Cu та Fe-Ti отриманих асиметричною прокаткою при різних положеннях шиберу.

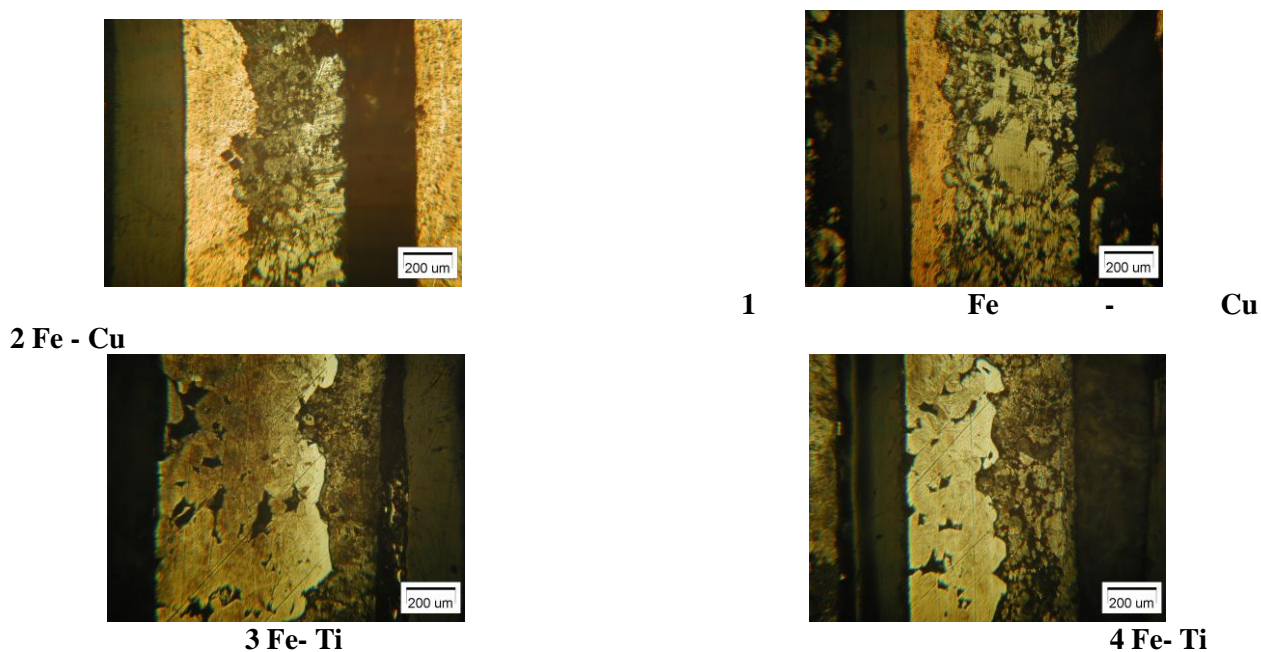


Рис. 2. Мікрофотографії зразків біметалів системи Fe- Ti отримані при різних режимах прокатки

де, 1- порошок Fe подавався зі сторони великого валка , порошок Cu подавався зі сторони меншого валка, шибер знаходився по середині бункеру; 2 – порошок Fe подавався зі сторони великого валка , порошок Cu подавався зі сторони меншого валка, шибер здвинули в сторону меншого валка; 3– порошок Fe подавався зі сторони великого валка , порошок Ti зі сторони меншого валка, шибер здвинули в сторону великого валка; 4 – порошок Fe подавався зі сторони меншого валка, порошок Ti зі сторони великого валка , шибер здвинули в сторону великого валка.

З'єднання шарів виробу відбувається по розвинутої поверхні, що не є геометричною площиною. Чим більша різниця за розмірами часток порошоків тим більше виступів та впадин по границі з'єднання шарів біметалу. У такому випадку утворюється як би перехідна зона, створена з часток різних порошоків. Чим більше розвинута поверхня з'єднання, тим ширша перехідна зона та більш міцне з'єднання шарів біметалів. Таким чином, якщо треба отримати більш вузьку перехідну зону та рівну границю між шарами біметалу, необхідно підбирати близькі за гранулометричним складом порошки, та ,навіпаки, коли треба отримати широку перехідну зони, порошки треба підбирати таким чином, щоб один з них мав більші за розміром частки.

Висновки. У результаті проведених дослідів було встановлено, що використання для отримання біметалічних смуг та листів з металевих порошоків асиметричної схеми прокатки дозволяє значно спростити процес виготовлення біметалів та підвищити якість отриманої продукції. У тому випадку, коли при прокатці біметалевих смуг, порошок з менш пластичного металу знаходиться зі сторони малого валка, отримані вироби мають більш високу щільність, більш чіткі геометричні розміри та менше викривлення у сторону великого валка. Отримані біметали можуть бути використані для виготовлення, наприклад, фрикційних та антифрикційних матеріалів, термобіметалевих пластин, контактних пластин та інших виробів електротехнічного призначення.

1. Каташинский В. П. Неравномерность деформации и распределение напряжений по ширине порошкового проката / В. П. Каташинский, Г. А. Виноградов, Г. Я. Калущкий / Порошковая металлургия. – 1975. – №12. – С. 28–32.
2. Патент України на винахід №77719. Спосіб одержання листів, смуг и стрічок з металевих порошоків і гранул. – Г. Я. Калущкий, К. О. Гогаєв, В. С. Воропаєв. – 2007.
3. Гогаєв К. А., Калущкий Г. Я. Воропаєв В. С., Колпаков А. С. (ИПМ НАН Украины) Совершенствование процесса прокатки металлических порошков за счет использования скоростной асимметрии рабочих валков. – Обработка металлов давлением. – 2012, №4(33) – С. 196–201.
4. Гогаєв К. А., Калущкий Г. Я. Воропаєв В. С., Колпаков А. С. (ИПМ НАН Украины) Контактное напряжение в очаге деформации и среднее давление при асимметричной прокатке металлических порошков. – Порошковая металлургия. – 2013, №3/4 – С. 12–19.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2015.