

## Ліквідація поверхневих дефектів зливоків із прецизійних сплавів

*Н.О. Клименко, М.І. Прилуцький, В.О. Шаповалов*

*Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”*

*Розглянуто питання покращення поверхневого шару зливоків шляхом видалення залягаючих в ньому дефектів. Представлені особливості плазмово-дугового рафінуючого процесу. Встановлено забрудненість поверхневого шару металу неметалевими включеннями після проведення плазмово-дугового рафінування.*

*Рассмотрен вопрос улучшения поверхностного слоя слитков путем удаления залегающих в нем дефектов. Представлены особенности плазменно-дугового рафинирующего процесса. Установлено загрязненность поверхностного слоя металла неметаллическими включениями после проведения плазменно-дугового рафинирования.*

*The question of improving the surface layer of bars by removing it defects. Presented features of a plasma-arc refining process. It contamination of the surface layer of metal non metallic inclusions after the plasma-arc refining.*

У більшості випадках, перед подальшою пластичною деформацією виплавленого металу його поверхню піддають додатковій обробці. На поверхневому шарі зливка скупчуються різного роду дефекти, основними з яких є: поздовжні гарячі тріщини, поперечні гарячі тріщини, надриви, рванини, завороти і розриви кірок, напливи, заливини, газові пухирі і пори, холодні тріщини, неметалеві (шлакові) включення, рихла (хвилеподібна) поверхня та інші [3, 4].

Основною причиною утворення дефектного шару є нерівномірна кристалізація металу, та умови деформування зливка.

Видалення дефектів поверхневого шару зливка приводить до втрат значної кількості придатного металу (при зачистці високолегованих сталей і сплавів такі втрати складають до 20% і більше).

Для видалення дефектів поверхневого шару зливка застосовується суцільна або місцева зачистка. Суцільну або загальну зачистку поверхні проводять вогневим або абразивним способами, термофрезеруванням, а

також із застосуванням безцентрово-токарних, поздовжньо-стругаючих і фрезерних станків.

Зачистка абразивними ктугами являється основним способом видалення дефектів на всіх стадіях виробництва сортового прокату і готової продукції. Цей спосіб також широко використовується для зачистки дефектів злитків, слябів, блюмів та інших заготовок із легованих і високолегованих сталей практично всіх марок.

Незважаючи на низьку продуктивність, високу втрату металу і високу собівартість, зачистка прокату і зливків абразивними кругами отримала широке використання в металургійній промисловості.

Абразивний і вогневий способи, пневматична вирубка, фрезерні і строгальні станки використовують при місцевій зачистці поверхні зливків. Використовують також комбіновану зачистку, при якій наряду з місцевим видаленням дефектів, проводять загальну обробку окремих зон поверхні зливка.

Видалення дефектів без втрати придатного металу можливе передусім шляхом розплавлення дефектного шару з послідуною кристалізацією розплаву. Розплав поверхневого шару зливка не супроводжується утворенням відходів, тому проводять суцільну обробку поверхні заготовки на глибину, котра перевищує глибину залягання основних дефектів.

Так, для безвідходного видалення дефектів поверхневого шару зливків прецизійних сплавів потребується підтримання на їх поверхні ванни рідкого металу, глибиною 10-15мм.

Найбільш ефективним способом для оплавлення поверхні зливків являється плазмово-дугова плавка [1].

Використання плазми, як джерела тепла для оплавлення поверхневого шару металевих зливків заснований на наступних посиленнях:

- висока продуктивність процесу переплаву при відносно низьких капітальних затратах і ціни обладнання;
- незмінність вмісту легуючих елементів в металі до і після переплаву;
- отримання металу з макроструктурою високої якості;
- висока рафінуюча здатність процесу.

Для реалізації процесу безвідходного видалення макродефектів із поверхневого шару зливка прецизійних сплавів доцільно використовувати печі ПДРП (плазмово-дугового рафінування поверхні), в якій зливки розміщуються в камері по його периметру встановлюють охолоджувачі мідні башмаки. Об'єм камери вакуумують і створюють захисну контрольовану атмосферу. В якості захисної атмосфери використовують

аргон. З краю заготовки наводять і підтримують рідку металеву ванну довжиною рівній ширині оброблюваної заготовки. З допомогою механізму переміщення зливка і переміщається рідка ванна по його поверхні. Поверхневий шар при цьому послідовно розплавляється, а наявні поверхневі дефекти видаляються. При підході ванни до кінця заготовки рух ванни припиняється і робиться її виведення зниженням струму на плазмотронах та їх послідовним вимкненням.

В інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України була розроблена установка ОБ-1957 для плазово-дугового рафінування поверхні промислових плоских заготовок із прецизійних сплавів типу 29НК, 50Н, 79НМ, 80НХС, 45Н та інших (рис. 1) [2].

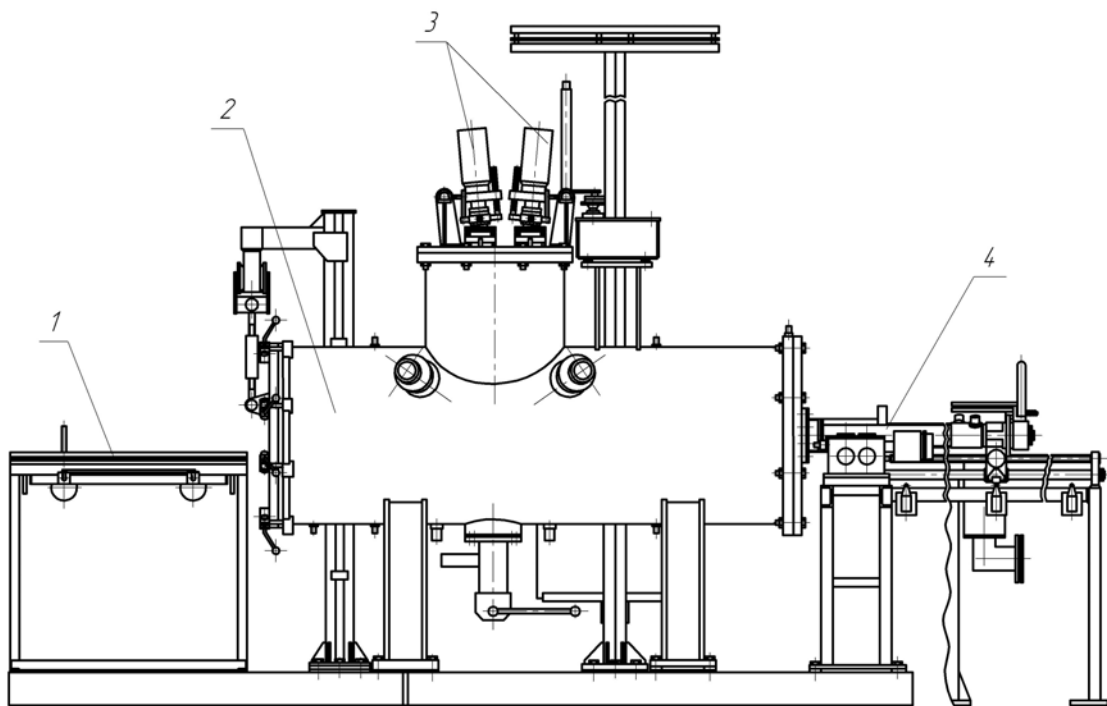


Рисунок 1 Установку ОБ-1957 для плазово-дугового рафінування поверхні промислових плоских заготовок із прецизійних сплавів:

1 – стіл; 2 – камера; 3 – плазмотрони; 4 – механізм подачі заготовки

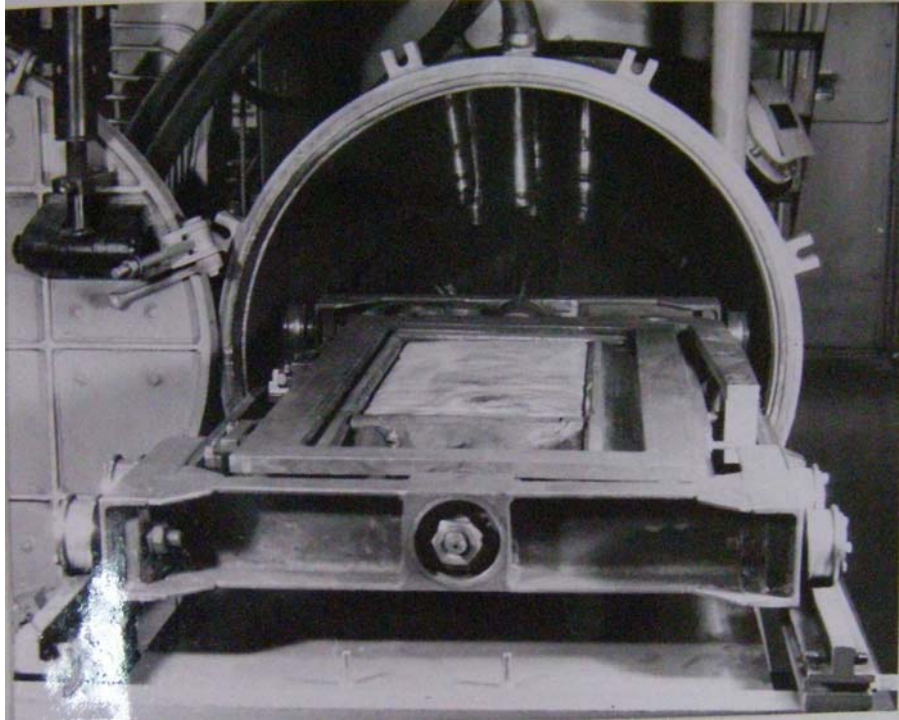


Рисунок 2 Внутрішній вид камери і розміщення зливка на візку  
установки ОБ-1957

Установка являє собою герметичну камеру, усередині якої в горизонтальній площині переміщується оброблювана заготовка. П'ять плазмотронів типу ПД-110 розташовані над оброблюваною площиною заготовки та змонтовані на загальному фланці. Трьом плазмотронам, об'єднаним в групу, може надаватися коливальне переміщення поперек напрямку переміщення заготовки в камері за допомогою механічного приводу.

Переміщення оброблюваної заготовки в горизонтальній площині здійснюється приводом переміщення візка, де знаходиться заготовка.

У візку заготовка фіксується водоохолоджуваними “башмаками”, які охоплюють заготовку по периметру і призначені для утримання рідкого металу на оброблюваній площині.

Для проведення робіт пов'язаних з завантаженням заготовки на візок або її витягування передбачений вихід візка із заготовкою з камери установки на робочий стіл. Електричне живлення плазмотронів здійснювали трансформатором змінного струму типу А-1458 з випрямлячем.

Газове живлення плазмотронів здійснювали за допомогою системи газоочищення або безпосередньо з балонів через регулюючі апарати.

Таблиця 1 Загальна характеристика установки ОБ-1957

№	Назва параметру	Один. вимір.	Величина
1.	Кількість плазмотронів	шт.	5
2.	Рід струму		постійний, змінний
3.	Діапазон робочих струмів	А	300...1000
4.	Плазмоутворюючий газ		Ar, Ar+20%Н <sub>2</sub>
5.	Загальні максимальні витрати газу	м <sup>3</sup> /год	10
6.	Тиск в камері в процесі ПДРП	кПа	100...160
7.	Швидкість переміщення заготовки	мм/хв	3...300
8.	Швидкість коливання плазмотронів	1/хв	0...40
9.	Розміри оброблюваних заготовок	мм	
	довжина		575...600
	ширина		250...300
	товщина		32...50
10.	Відстань до зрізу сопла плазмотрона	мм	0...150
11.	Час оплавлення однієї сторони	хв.	50-60

На вище описаній установці було проведено ряд дослідів, метою яких було встановлення забрудненості поверхневого шару металу неметалевими включеннями.

При переплавних процесах ступінь рафінування розплаву від неметалевих включень в значній мірі визначається відношенням швидкостей розчинення і спливання включень [5, 6].

Поведінка неметалевих включень при переплаві вивчалася на сплаві 50Н. Досліджувались забрудненість переплавленого шару в порівнянні з основним і вихідним металом при плавці в атмосфері аргону і аргоно-водневої суміші.

Були визначені наступні параметри: об'ємна частка включень, кількість включень на 1мм<sup>2</sup>, мінімальний і максимальний розміри включень, розподіл за розмірами і хімічний склад неметалевих включень (табл. 2).

Таблиця 2 Металографічна оцінка забрудненості сплаву 50Н при переплаві в аргоні і аргано-водневій суміші

Параметри	Вихідний метал	Переплав в аргоні	Переплав в аргано-кисневій суміші
Об'ємна доля включень	0,058-0,044	0,028-0,017	0,025-0,015
Кількість включень на 1мм <sup>2</sup>	460-332	201-107	165-133
Мнімальний розмір включень, мкм	1...3	1	1
Максимальний розмір включень, мкм	20...30	5	3
Масова доля кисню, %	0,004	0,002	0,001

В порівнянні з вихідним металом (рис. 3) зменшується об'ємна частка, що характерно як для переплаву в аргоні, так і в аргано-водневої суміші. Аналогічно об'ємній частці зменшується кількість включень на 1мм<sup>2</sup> як у поздовжньому, так і в поперечному перетинах металу. Відповідно знижується вміст кисню. Відзначено подрібнення включень внаслідок переплаву. Особливо сильно зменшується максимальний розмір включень.

Побудова частотних кривих для сплаву 50В, переплавленого з окисним шаром в аргано-водневої атмосфері, показує, що поведінка неметалевих включень в цілому не відрізняється від канонічного ПДП (рис. 4). Максимум порівнюваних кривих припадає на один розмір неметалевих включень, що може бути пояснено переважним впливом виносу включень на міжфазну поверхню. Впливає, очевидно, і висока дисперсність включень у вихідному металі. Введення водню в плазмоутворюючий газ дозволяє зробити додаткове рафінування металу переплавленого шару порівняно з вихідним і переплавом в атмосфері аргону. Проте вплив водню проявляється при низькій швидкості переплаву, а її збільшення знижує ступінь рафінування металу. Металографічна оцінка вказує на досить слабкий вплив водню при швидкостях переплаву 0,5 ... 1мм/с.

У порівнянні з переплавом в аргоні, зміни кількісного складу оксидів, силікатів і нітридів незначні. Зміна об'ємної частки неметалевих

включень при переплаві в аргоні і аргоно-водневої суміші не призводить до помітних змін у складі анодного осаду, що вказує на практичну відсутність взаємодії включення з розплавом і газовою фазою.

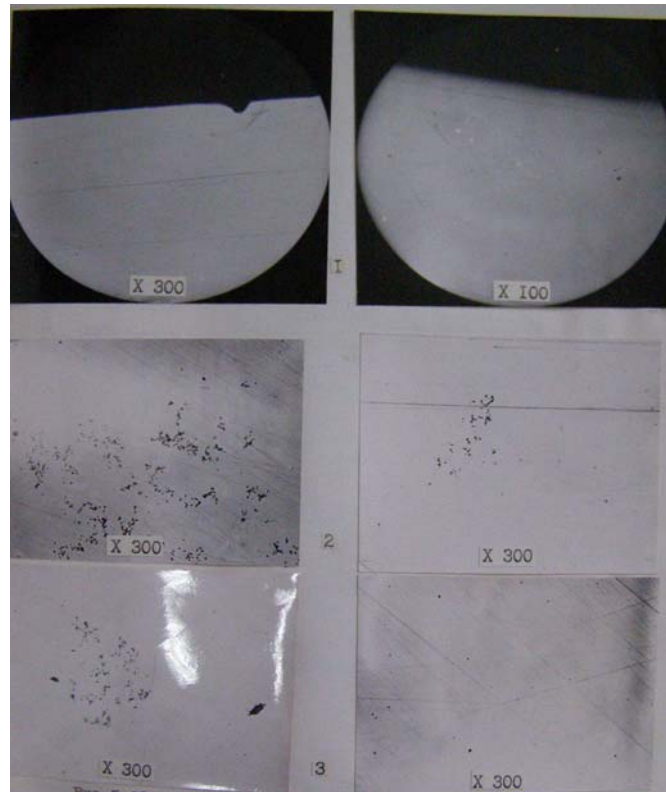


Рисунок 3 Макроструктура поверхневого шару (1) і неметалевих включень в сплаві 50Н при переплаві в аргоні (2) і аргоно-водневій суміші (3)

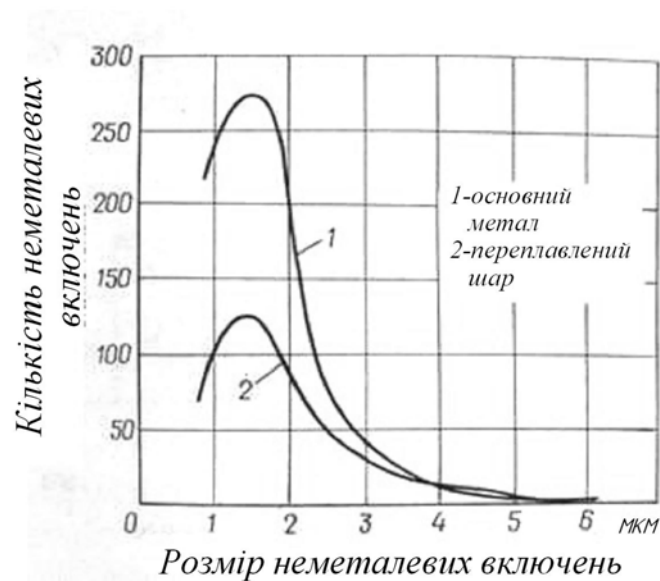


Рисунок 4 Розподіл неметалевих включень по їх розміру в сплаві 50Н

## Література

1. Применение низкотемпературной плазмы для переплава поверхностного слоя металлических заготовок // Б.Е.Патон, Ю.В.Латаш, Г.Ф.Торхов и др. Специальная электрометаллургия. Вып. 34. – К.: Наукова думка, 1977, с.86-96.
2. А. с. по заявке № 2906854/27 от 21.04.80г., Способ плазменно-механической обработки слитка / Б.Е.Патон и др. (СССР) – не публ.
3. Жалыбин В.И. Влияние технологи розливки на качество поверхности слитков и проката высоколегированных сталей / В.И. Жалыбин // Сталь. – 1971. – №11. – с. 1004-1005
4. Калинина З.М. Дефекты легированных сталей / Свердловск. – Metallurgizd., 1960. – 248с. с илл.
5. Добровольский И.П. К расчету плазменно-дугового рафинирующего переплава: модель и расчетная схема проиесса / И.П. Добровольский, А.А. Ерохин // Физика и химия обработки материалов. – 1977. – № 5. – с. 105
6. Ерохин А.А. О механизме удаления неметаллических включений при плазменно-дуговом переплаве. / А.А. Ерохин, С.А. Иодковский, М.М. Ключев и др. – ФХОМ. – 1968. – №6. – с.68