



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121621** (13) **U**  
(51) МПК (2017.01)  
**B22D 27/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2017 06257</b>	(72) Винахідник(и): <b>Жбанова Олена Миколаївна (UA), Саїтгарєєв Леван Наїльєвич (UA), Скідін Ігор Едуардович (UA), Бялік Гаррі Абрамович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>19.06.2017</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.12.2017</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.12.2017, Бюл.№ 23</b>	(73) Власник(и): <b>ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50027 (UA)</b>
	(74) Представник: <b>Кривенко Юрій Юрійович, реєстр. №255</b>

## (54) СПОСІБ МОДИФІКУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ЗНОСОСТІЙКИХ МАРГАНЦЕВМІСНИХ СТАЛЕЙ ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ У ЛИВАРНІЙ ФОРМІ

### (57) Реферат:

Спосіб модифікування електричним струмом конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей при кристалізації у ливарній формі включає утворення ливарної форми із заформованими тугоплавкими електродами, заливання розплаву в неї, накладання на розплав імпульсного електричного струму під час кристалізації. Накладають струм змінної полярності з тривалістю імпульсів більше  $10^{-3}$  с, частотою 5-33 Гц, силою струму 30-40 А, сквапністю понад 5 меандрів, напругою у мережі 180-240 В.

UA 121621 U



Корисна модель належить до металургії та ливарного виробництва і може бути використана для модифікування конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей.

Відомий спосіб поліпшення якості литої сталі обробленням розплаву пульсуючим електричним струмом [Миненко Г. Н. Эффект влияния обработки пульсирующим электрическим полем на механические свойства литой стали.//Литье Украины- 2015. - № 2. - С. 5-1 Г].

Недоліком такого технічного рішення є те, що модифікування значною мірою відбувається завдяки введенню хімічних реагентів, а вплив електричних полів на основні механічні властивості є додатковою модифікуючою дією, ефект від чого не перевищує 3-5 %.

Найбільш близьким до заявленого по суті та технічному результату, є "Спосіб модифікування литої структури металу" [Патент на винахід України № 97999], який прийнято за прототип.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Формують піщано-глинисту форму з тугоплавкими електродами, через які пропускають імпульсний електричний струм (щільність -  $1,6-2,4 \times 10^4$  А/м<sup>2</sup>, сквапність - понад 2 меандрів, частота - 57-12,5Гц) у процесі його знаходження в рідкому та твердо-рідкому стані і до закінчення кристалізації.

Недоліком прототипу є те, що позитивний вплив електроімпульсної дії струму на макроструктуру доведено лише для алюмінієвих сплавів. Також у прототипі непередбачена можливість впливу електрообробки на мікроструктуру сталевих виливків, що твердіє. Зазначені у прототипі параметри обробки розплаву імпульсним електричним струмом є неприйнятними для модифікування конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей, оскільки не забезпечують подрібнення карбідів марганцю, а отже, не дозволяють створити умови покращення мікроструктури і отримання сталевих виливків з поліпшеними фізико-механічними властивостями.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу модифікування литої структури металу шляхом оброблення розплавів конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей імпульсним електричним струмом, що дозволить модифікувати макро- та мікроструктуру відповідних сплавів для підвищення їх механічних властивостей унаслідок зменшення фізичної, хімічної та структурної неоднорідності сплавів при литті в піщано-глинисті форми та по газифікованим моделям.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб модифікування електричним струмом конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей при кристалізації у ливарній формі реалізується наступним чином: утворюють ливарну форму із заформованими тугоплавкими електродами, заливають розплав в неї, накладають на розплав імпульсний електричний струм під час кристалізації, згідно з корисною моделлю змінної полярності тривалістю імпульсів більше  $10^{-3}$  с, частотою 5-33 Гц, силою 30-40А, сквапністю понад 5 меандрів, напругою у мережі 180-240 В під час кристалізації.

Заявлена корисна модель представлена ілюстраціями, де на фігурі 1 показано мікроструктуру сталі 35ГЛ базового зразку; на фігурі 2 - мікроструктуру сталі 35ГЛ після модифікування електроімпульсним струмом; на фігурі 3 показано мікроструктуру сталі 110Г13Л базового зразку; на фігурі 4 - мікроструктуру сталі 110Г13Л після модифікування електроімпульсним струмом.

Хімічна неоднорідність зменшується завдяки нейтралізації шкідливого впливу домішок (FeP, MnP, Fe<sub>3</sub>P, Mn<sub>3</sub>P) унаслідок автоматичної зміни полярності електричного струму; структурна неоднорідність зменшується унаслідок зміни морфології: дезорієнтації та подрібнення карбідів марганцю; фізична неоднорідність знижується через зміни розташування та розмірів пор і неметалевих включень, що у сукупності призводить до суттєвого поліпшення межі міцності, ударної в'язкості та твердості.

Змінна полярність позитивно впливає на зменшення хімічної неоднорідності завдяки відсутності електроперенесення хімічних елементів між анодом і катодом. Тривалість імпульсів більше  $10^{-3}$  с струму забезпечує покращення структурної однорідності унаслідок зменшення розмірів зерен фериту. Сила струму 30-40 А є оптимальною для процесу модифікування. Більші значення сили струму сприяють збільшенню розмірів зерен карбідів марганцю, струм менше 30А має незначний вплив на макро- і мікроструктуру зразків марганцевмісних сталей. Діапазон частоти струму 5-33 Гц є оптимальний, оскільки менша частота не забезпечує видалення неметалевих включень, а частота понад 33 Гц сприяє скупченню карбідів марганцю на границях зерен металевої основи. Сквапність, менша за 5 меандрів, не впливає на структуру та фізико-механічні властивості досліджуваних зразків.

Модифікування конструкційної сталі марки 35ГЛ та зносостійкої марганцевмісної сталі марки 110Г13Л під час кристалізації розплаву, згідно з даним способом, електроімпульсним струмом

змінної полярності тривалістю імпульсів більше  $10^{-3}$  с, частотою 5-33 Гц, силою 30-40 А, сквапністю понад 5 меандрів при напрузі у мережі 180-240 В, забезпечує зменшення об'єму та протяжності тріщин, зниження вмісту газів, суттєве (у 1,4-2,5 рази) зменшення неметалевих домішок FeP, MnP, Fe<sub>3</sub>P, Mn<sub>3</sub>P, що у цілому, свідчить про значне поліпшення фізичної

однорідності сплавів, модифікованих за даним способом, у порівнянні з базовими (немодифікованими) зразками (табл. 1).  
Мікроструктура базового зразка сталі 35ГЛ свідчить про наявність великих скупчень карбідів марганцю на границях зерен фериту (фіг. 1). У модифікованому за даним способом зразка розмір феритних зерен зменшується на 53 %, карбіди марганцю розташовані у центрі зерен (фіг. 2) і займають у 1,46 разу меншу площу (табл. 1). У модифікованих зразках сталі 110Г13Л (фіг. 4) розміри зерен зменшується на 60 % у в порівнянні з базовими зразками (фіг. 3), площа карбідів марганцю зменшується майже у 2,9 разу (табл. 1)

Таблиця 1

Кількісний аналіз карбідної складової сталі.

Марка сплаву	Модифікування струмом	Довжина кристалів марганцю	Площа кристалів марганцю мкм <sup>2</sup>	Розмір зерен	
				Макрозерна, мм	Мікрозерна, мкм
35ГЛ	ні	12	11	15	60
110Г13Л		10,1	14	16,1	154
35ГЛ	так	3,2	7.5	11	2 К
110Г13Л		2,8	4,8	4,0	93

Макро- та мікроструктурні перебудови в розплавах при їх модифікуванні за способом, що пропонується, забезпечують значне підвищення рівня фізико-механічних властивостей для загартованих зразків сталей 35ГЛ та 110Г13Л, перш за все, межі міцності (на 7 та 19 % відповідно) та ударної в'язкості (на 21 та 17 % відповідно), без зміни хімічного складу сплавів (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості сталей

Модифікування струмом	Марка сталі	Межа міцності, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>
ні	35ГЛ	503	243
	110Г13Л	553	190
так	35ГЛ	540	296
	110Г13Л	659	223

Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержати раніше невідомий результат та новий технологічний ефект, який виражається у суттєвому покращенні структурної, хімічної та фізичної однорідності конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей, підвищенні межі міцності та ударної в'язкості сплавів без зміни їх хімічного складу.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб модифікування електричним струмом конструкційних та зносостійких марганцевмісних сталей при кристалізації у ливарній формі, що включає утворення ливарної форми із заформованими тугоплавкими електродами, заливання розплаву в неї, накладання на розплав імпульсного електричного струму під час кристалізації, який **відрізняється** тим, що накладають струм змінної полярності з тривалістю імпульсів більше  $10^{-3}$  с, частотою 5-33 Гц, силою струму 30-40 А, сквапністю понад 5 меандрів, напругою у мережі 180-240 В.

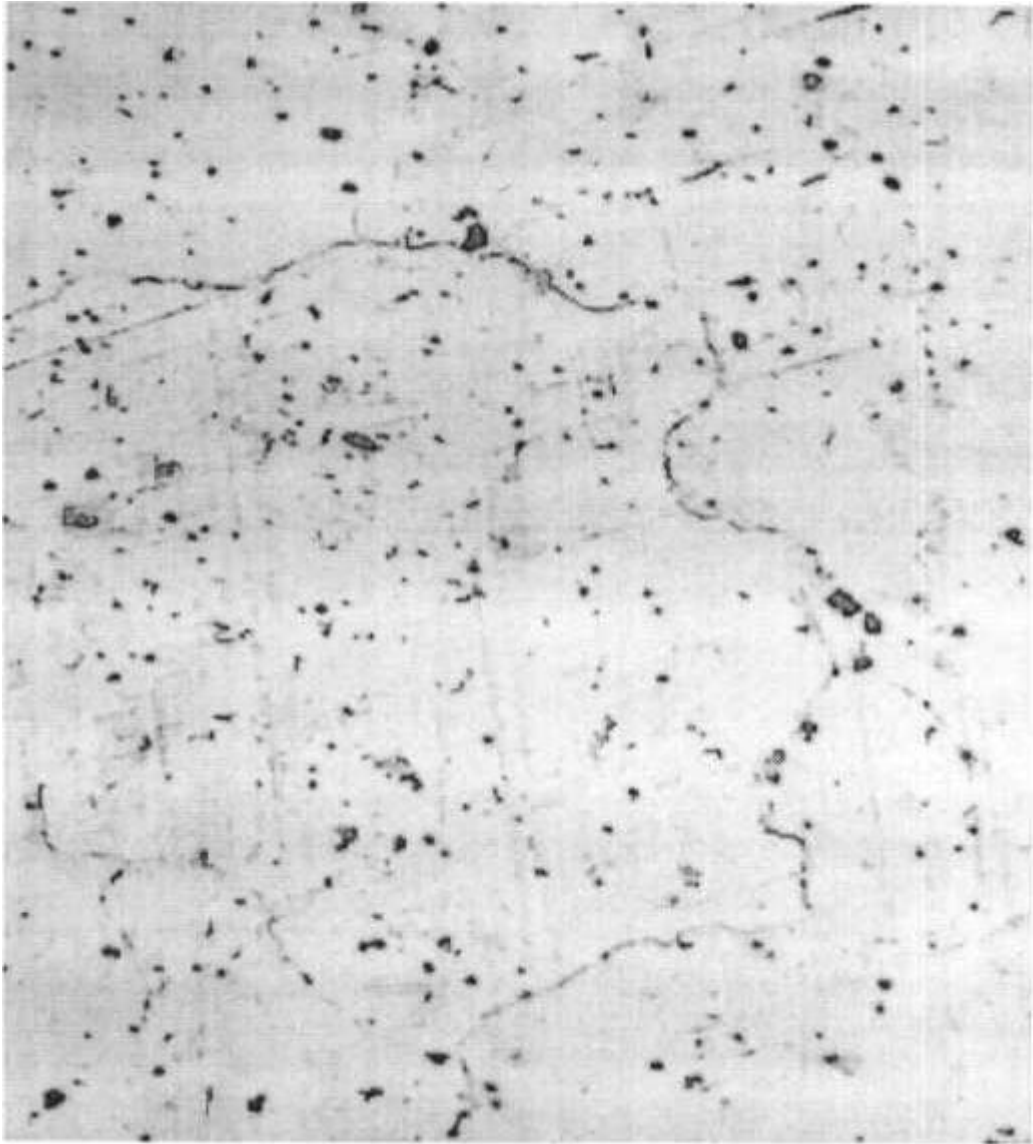


Fig. 1

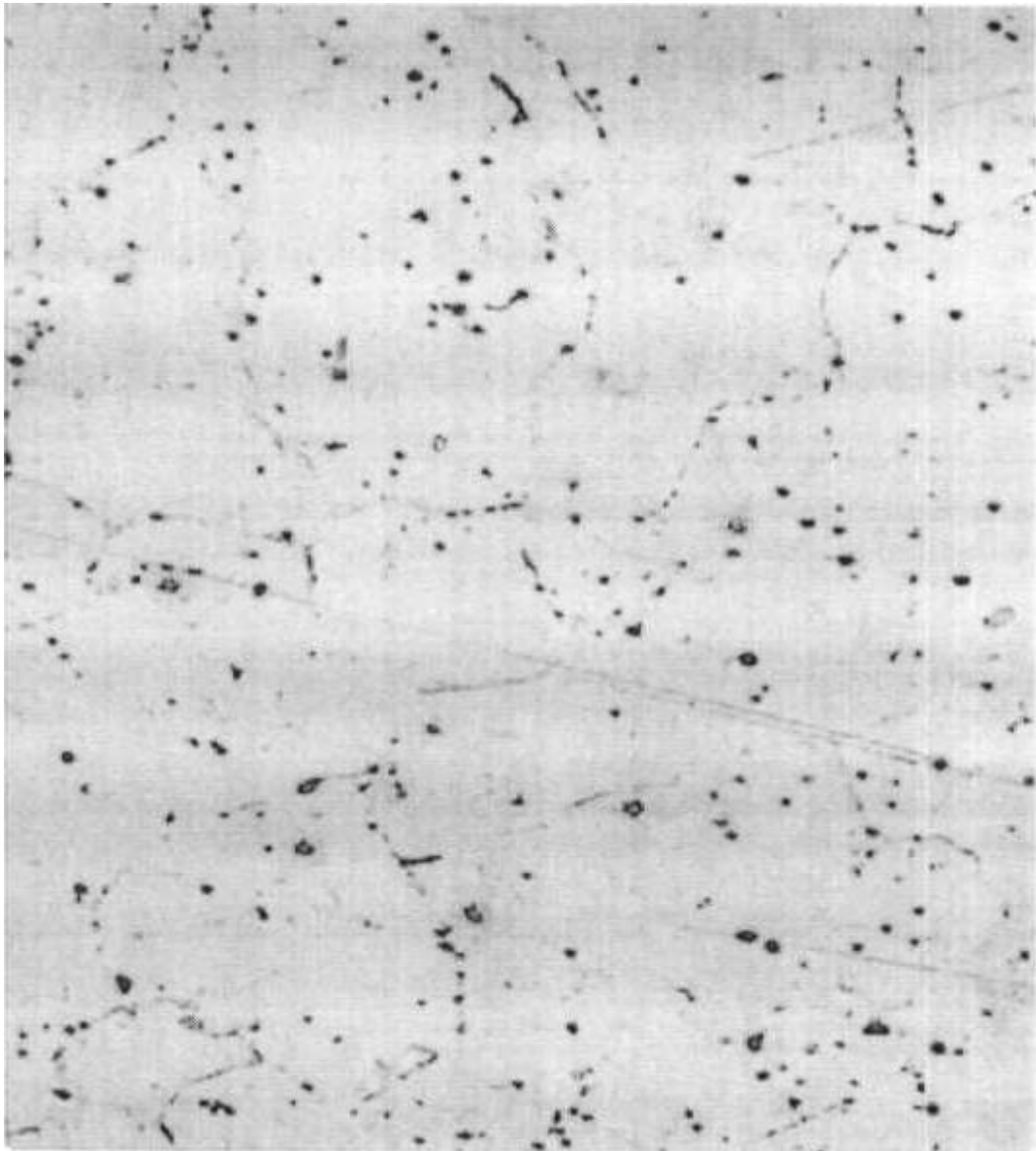


Fig. 2

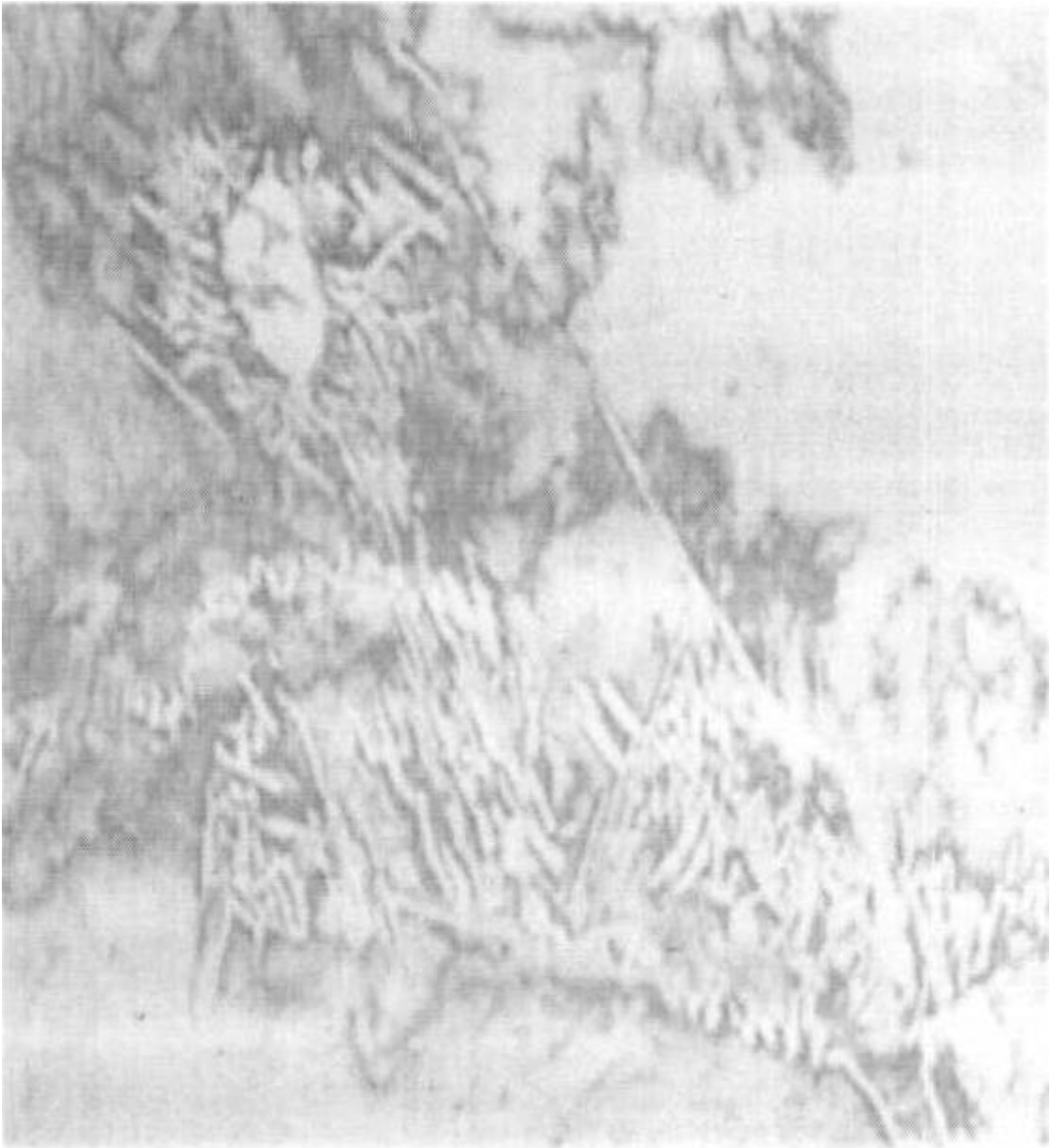
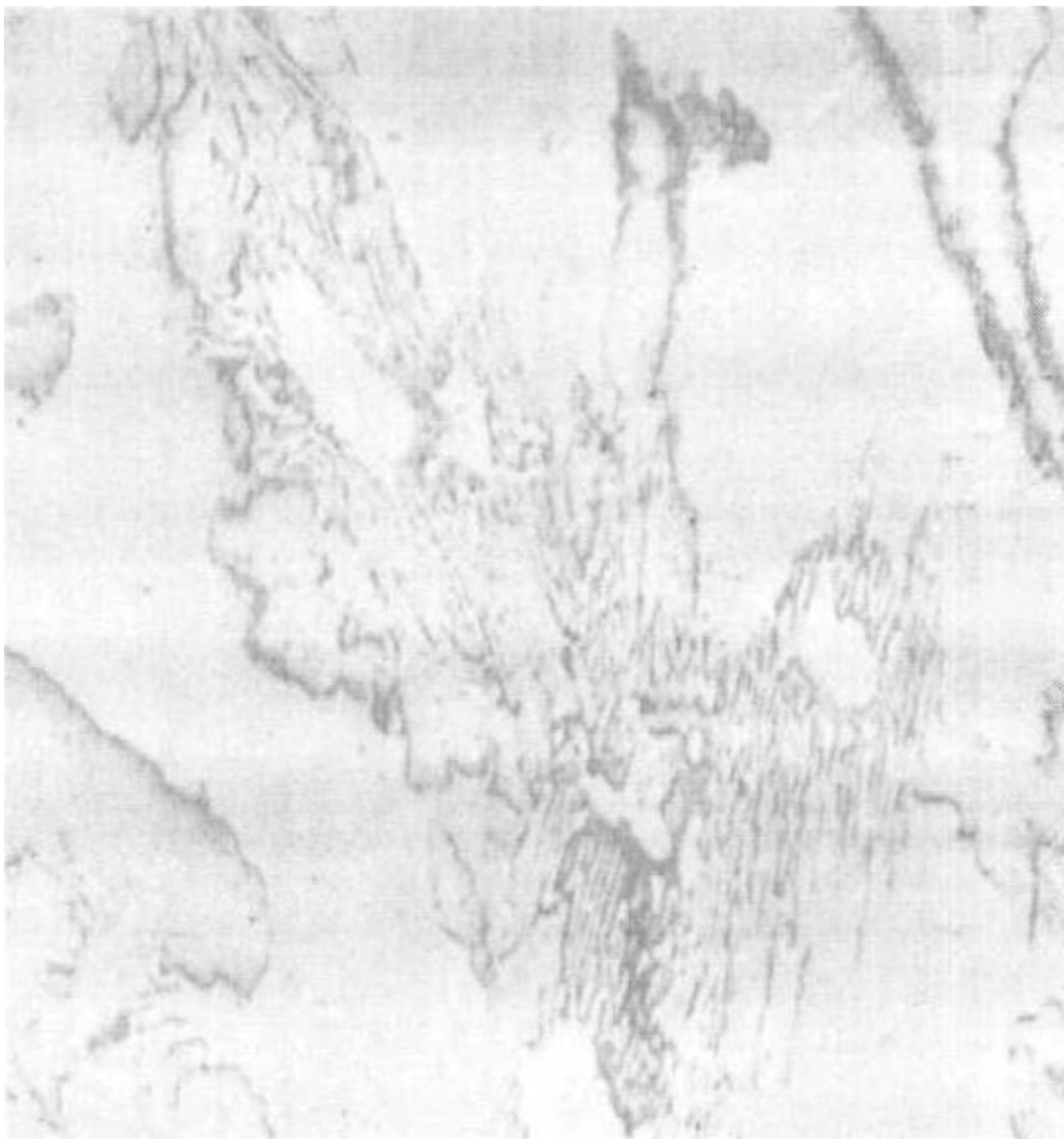


Fig. 3



**Фіг. 4**

---

Комп'ютерна верстка М. Мацело

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601