

## *Формування структури котельних гарячекатаних труб у виробництві їх з недеформованих безперервнолитих заготовок*

Л. В. Опришко, Т. В. Головняк, П. В. Герасименко  
Л. М. Дейнеко\*, доктор технічних наук

Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубно-промисловості ім. Я. Ю. Осади, Дніпропетровськ  
\*Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

*Досліджено закономірності формування структури котельних труб зі сталі 20 та сталі 12Х1МФ в процесі трубного перероблення недеформованих заготовок безперервного лиття на трубопрокатувальному агрегаті з тривалковим розкатувальним станом (ТПА 50-200). Встановлено вплив початкової кристалічної будови безперервнолитих заготовок, схеми та ступеня деформування їх на ТПА 50-200 і наступного термічного оброблення.*

Основну масу гарячедеформованих труб для теплоенергетики (за ТУ 14-3-460) підприємства країн СНД виробляють гарячим прокатуванням на агрегатах різних типів, використовуючи, переважно, деформовану (прокатувану або ковану) заготовку.

В ДП НДТІ розроблено нову ресурсозберігаючу технологію гарячого пресування в прокатування котельних труб безпосередньо з недеформованої безперервнолитої заготовки [1, 2].

Для удосконалення процесів виробництва безперервнолитих заготовок (БЛЗ) і технології трубного виробництва їх, з метою отримання котельних труб підвищеної експлуатаційної надійності, необхідним є вивчення впливу початкової структури БЛЗ та трансформування її під час гарячого деформування й термічного оброблення.

Мета роботи – дослідження закономірностей формування структури труб із котельної вуглецевої й низьколегованої сталі в процесі деформування БЛЗ на трубопрокатувальному агрегаті з тривалковим розкатувальним станом та під час наступного термічного оброблення.

Для проведення досліджень на ВАТ «Волзький трубний завод» було виплавлено і безперервно вилито з застосуванням електромагнітного перемішування в кристалізатори сталь 20 та сталь 12Х1МФ з хімічним складом у відповідності з вимогами нормативної документації. На трубопрокатувальному агрегаті з тривалковим розкатувальним станом (ТПА 50-200) на ВАТ «ВТЗ» з цих БЛЗ діаметрів 156, 196 та 260 мм із

## Структура і фізико-механічні властивості

застосуванням різних коефіцієнтів витягування ( $\mu$ ) виготовлені дослідні труби: із сталі 20 розмірами 76x6 мм ( $\mu = 14,8$ ), 133x13 мм ( $\mu = 3,9$ ), 219x40 мм ( $\mu = 2,36$ ), із сталі 12Х1МФ розмірами 57x12 мм ( $\mu = 11,3$ ), 159x20 мм ( $\mu = 3,45$ ). Труби термічно оброблені сталь 20 – нормалізація, сталь 12Х1МФ – нормалізація з відпуском.

Дослідження макроструктури БЛЗ та труб здійснювали після глибокого протравлювання в 50 % водному розчині HCl, мікроструктури труб – після протравлювання в 3 % спиртовому розчині HNO<sub>3</sub>. Контроль наявності залишків литої структури в трубах проводили у відповідності з Додатком А до ТУ 14-3-460. Мікроструктуру металу труб оцінювали за шкалами Додатків Б та В до вказаних технічних умов, величину зерна – за ГОСТ 5639.

Виявлено різні типи кристалічної будови БЛЗ обох марок сталей, що зумовлені хімічним складом і технологічними факторами розливання [3].

Макроструктура металу БЛЗ сталі 20 характеризується переважним розвитком зони транскристалізації – наявністю зони стовпчастих кристалів ~ 80 – 90 % (рис. 1 а). Метал БЛЗ сталі 12Х1МФ характеризується практично однаковими розмірами зон стовпчастих та рівноосних кристалів (рис. 1 б).

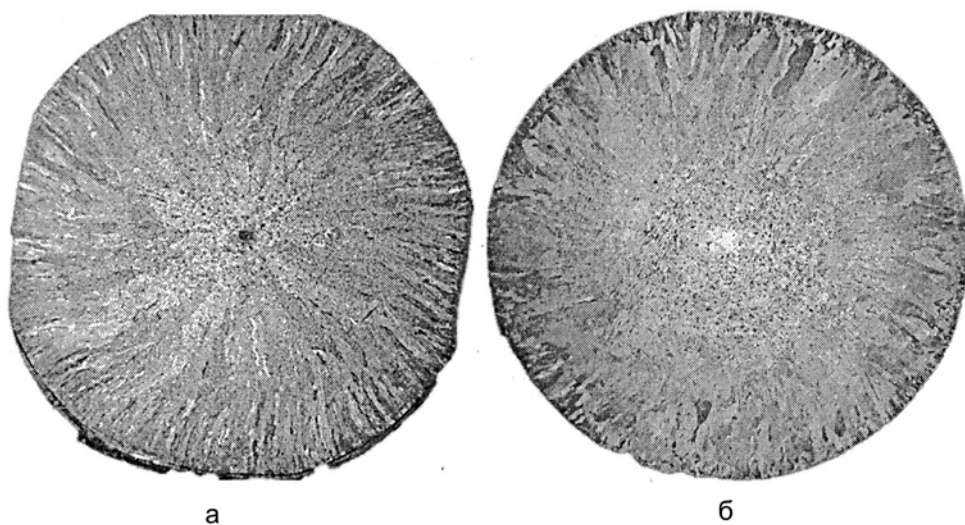


Рис. 1. Типова макроструктура БЛЗ діаметром 156 мм сталі 20 (а) та 12Х1МФ (б).

У макроструктурі усіх досліджених зразків труб сталі 20 та сталі 12Х1МФ, прокатаних із малими коефіцієнтами витягування ( $\mu = 2,36$ , 3,90 і 3,45), поряд із щільними ділянками ближче до зовнішньої поверхні, виявлено зони з залишками литої структури. Вони нерівномірно розташовані по периметру і товщині стінки труб і мають різний ступінь розвитку (подрібнені й розорієнтовані дендрити чіткого малюнку, рис. 2). Ширина цих зон на окремих ділянках за периметром труб більша половини товщини стінки труби (понад 5-й бал за шкалою Додатку А до ТУ 14-3-460).

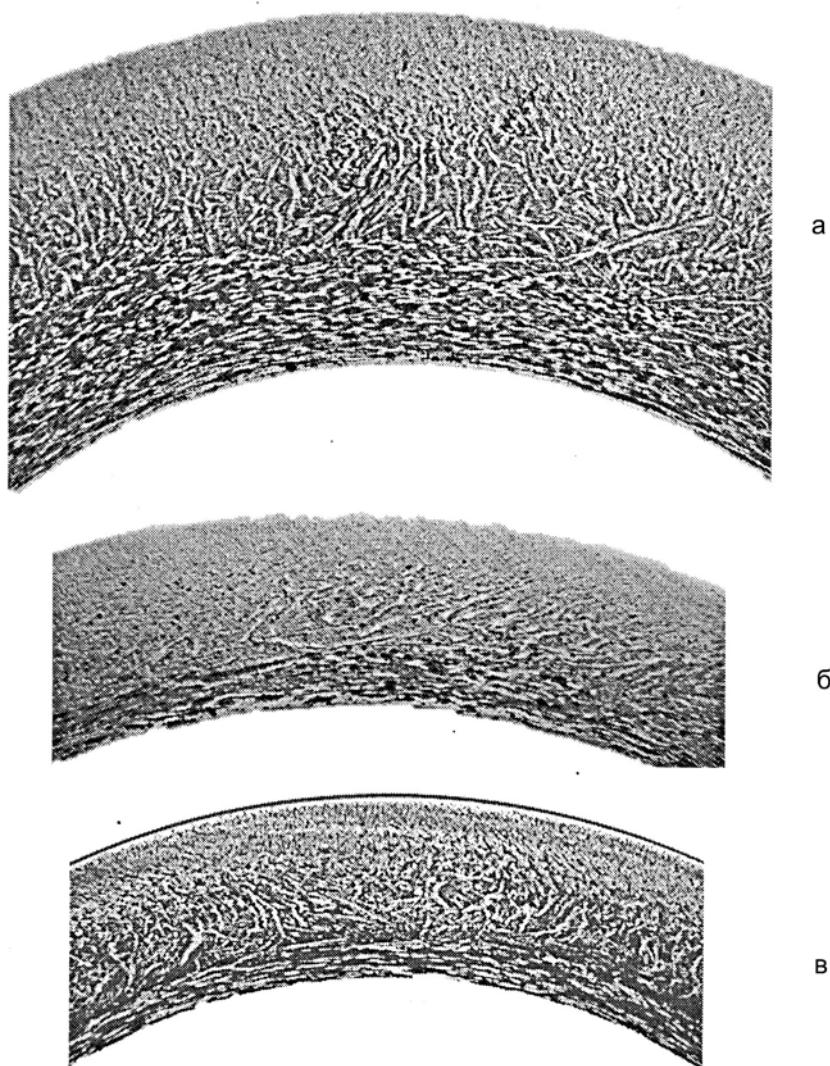


Рис. 2. Типова макроструктура гарячекатаних труб розмірами 219x40 мм (а), 133x13 мм (б) із сталі 20 та 159x20 мм із сталі 12Х1МФ (в).

Мікроструктура металу труб із сталі 20 після гарячого прокатування ферито-перлітна, неоднорідна, переважно з нерівноосьовою уламковою формою зерен, розмір яких збільшується відповідно зменшенню коефіцієнтів витягування (рис. 3 а, в, д).

Мікроструктура металу гарячекатаних труб розміром 76x6 мм зі сталі 20, прокатаних із найбільшим коефіцієнтом витягування, дрібнозерниста (величина зерна 9, 8 номер за ГОСТ 5639), з локальними ділянками зерен 6, 7 номер (наслідування структури БЛЗ, рис. 3 а). За нормованими показниками структура металу цих труб задовольняє вимогам ТУ 14-3-460: смугастість – до 2 бала, орієнтація за відманштеттом – 1 бал за шкалами 1, 2 відповідно Додатку Б до указаних технічних умов.

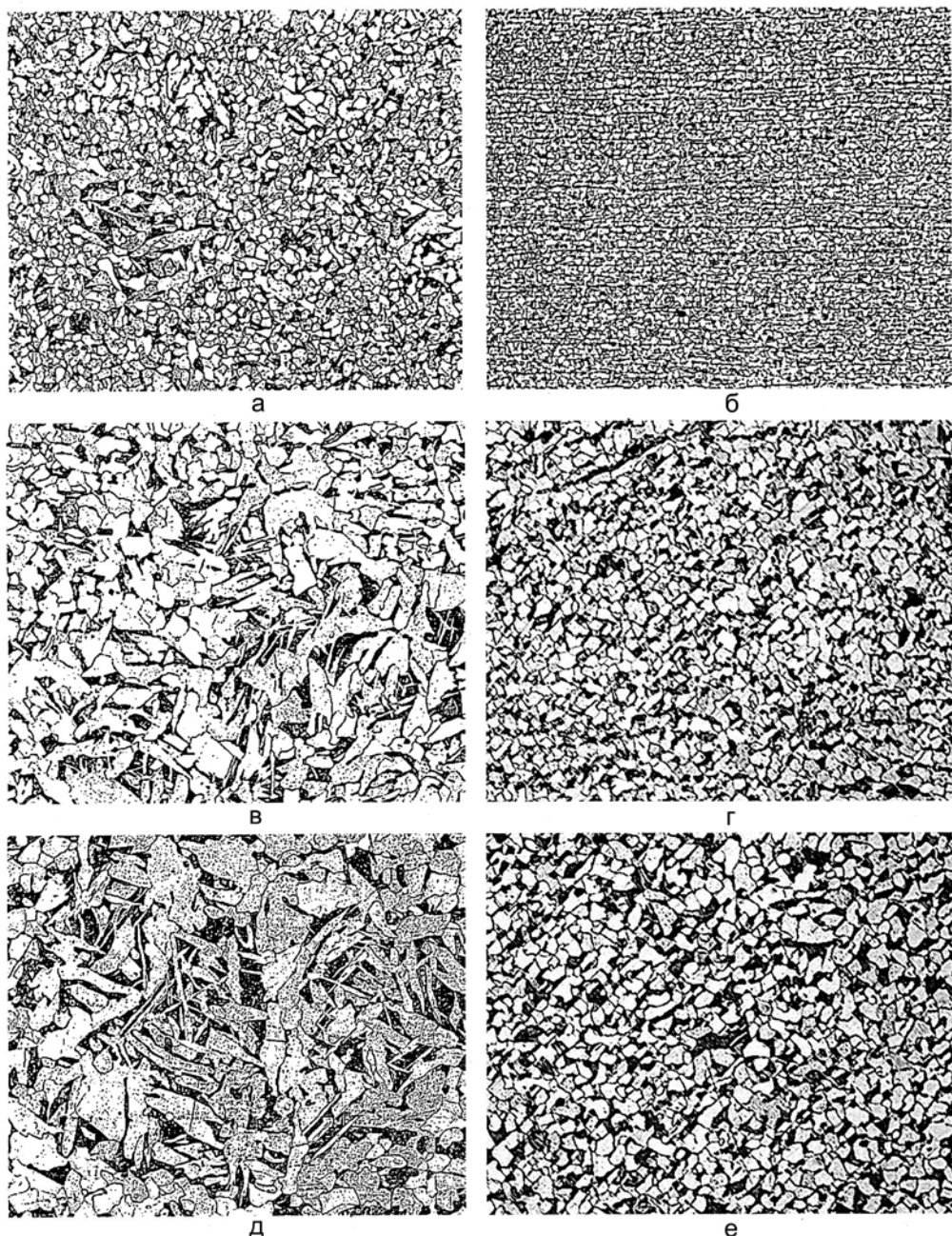


Рис. 3. Типова мікроструктура металу труб сталі 20 розміру 76x6 мм (а, б), 133x13 мм (в, г) і 219x40 мм (д, е) після гарячого прокатування (а, в, д) та нормалізації (б, г, е). x100.

В металі труб зі сталі 20, виготовлених із низькими коефіцієнтами витягування, після гарячого прокатування виявлено структуру з величиною зерна 6, 7 номерів, із наявністю спрямованих за первісними дендритами ділянок, із орієнтацією фериту за відманштеттом 3-го гранично допустимого (труби розміром 133x13 мм) та 4-го бракувального балу (труби розміром 219x40 мм), рис. 3 в, д. Смугастість структури гарячедеформованих труб – 2 бал.

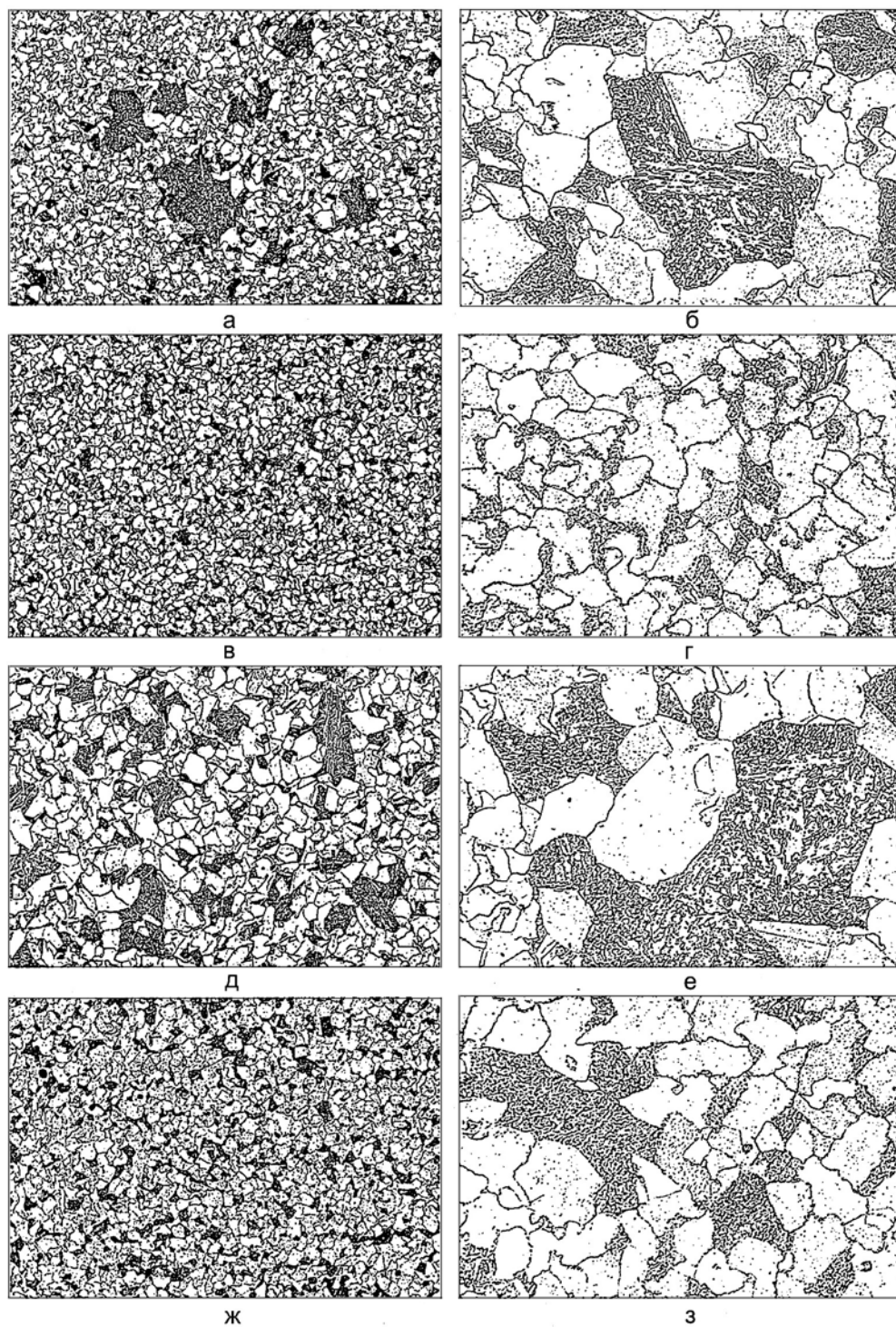


Рис. 4. Мікροструктура металу труб зі сталі 12Х1МФ розмірів 57х7 мм (а – г) та 159х20 мм (д – з) після гарячого прокатування (а, б, д, е) і нормалізації з відпуском (в, г, ж, з). а, в, д, ж – х100; б, г, е, з – х500.

## Структура і фізико-механічні властивості

Нормалізація з окремого нагріву труб зі сталі 20 подрібнює структуру, із збереженням в металі труб, прокатаних із низькими коефіцієнтами витягування, грубозернисті ділянки, більш притаманні трубам розміром 219x40 мм (рис. 3 б, г, е). Мікроструктура металу труб зі сталі 20 всіх досліджених розмірів після нормалізації задовольняє вимоги ТУ 14-3-460: смугастість структури – до 3 балу, орієнтація за відманштеттом відсутня.

Мікроструктура труб розмірами 159x20 и 57x12 мм зі сталі 12Х1МФ після гарячого прокатування складається з фериту (~ 70 – 80 %), бейніту й перліту, характеризується різнозеренністю і неоднорідністю на окремих ділянках (рис. 4 а, б, д, е), переважно в трубах розміром 57x12 мм.

Нормалізація труб зі сталі 12Х1МФ обох розмірів подрібнює структуру металу, зменшує різнозеренність, змінює співвідношення бейнітної і перлітної складових.

Мікроструктура труб зі сталі 12Х1МФ розмірами 159x20 и 57x12 мм після нормалізації з відпуском складається з відпущених фериту, перліту і окремих зерен бейніту, характеризується практично однаковим співвідношенням структурних складових у металі труб обох розмірів (рис. 4 в, г, ж, з). Мікроструктура цих труб відповідає вимогам ТУ 14-3-460 и оцінюється 4 балом за шкалами Додатку В до вказаних технічних умов. Смугастість структури труб – до 2 балу. Характерною особливістю мікроструктури металу труб зі сталі 12Х1МФ після подвійного термічного оброблення є її дрібнозернистість (величина зерна фериту, здебільшого, 7 номер – труби 159x20 мм та 8, 9 номери – труби 57x12 мм) з переважним розташуванням перлітної складової по границях зерен.

Таким чином встановлено закономірний вплив вихідної кристалічної будови безперервнолитих заготовок, ступеня деформування в процесі трубного перероблення та термічної обробки на структури котельних труб зі сталі марок 20 та 12Х1МФ.

## Література

1. Патент 58317, Україна, МПК В21В23/00. Спосіб виробництва котельних труб із вуглецевої сталі / Опришко Л.В., Сеніна Т.В., Шепель Г.Г. Заявник та патентовласник ДП Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості. – № U201011026. Заявл. 03.02.11, опубл. 22.02.11. – Бюл. № 7. – 3 с.
2. Опришко Л.В., Полтава И.И. Опыт производства котельных горячекатаных труб из непрерывнолитой заготовки // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2010. – № 4. – С. 53 – 57.
3. Попандопуло И.К., Михневич Ю.Ф. Непрерывная разливка стали. – М.: *Металлургия*, 1990. – С. 177 – 178.

Одержано 17.03.15

Л. В. Опрышко, Т. В. Головняк, П. В. Герасименко, Л. М. Дейнеко

**Формирование структуры котельных горячекатаных труб при их производстве из недеформированных непрерывнолитых заготовок**

**Резюме**

Исследованы закономерности формирования структуры котельных труб стали марок 20 и 12Х1МФ в процессе трубного передела недеформированных непрерывнолитых заготовок на трубопрокатном агрегате с 3-х валковым раскатным станом (ТПА 50-200). Установлено влияние кристаллического строения исходных НЛЗ, схемы и степени их деформации на ТПА 50-200 и последующей термической обработки на структуру металла котельных труб.

L.V. Oprishko, T.V. Golovnyak, P.V. Gerasimenko, L.N. Deyneko

**Structure formation in hot-rolled boiler tubes during their production from non-deformed continuously cast billets**

**Summary**

Mechanisms of structure formation in boiler tubes of steel grades 20 and 12X1MФ during tube production from non-deformed continuously cast billets (CCB) at a tube rolling unit with a 3-roll elongating mill (TRU 50-200) were studied. Effect of crystal structure of the initial CCB, scheme and ratio of deformation at TPU 50-200 and subsequent thermal treatment on the structure of boiler tube metal was established.

УДК 669.018.25+620.178.15

*Здатність інструментальних сплавів до дисипації енергії у мікрооб'ємах*

В. В. Пашинський, доктор технічних наук  
М. Г. Субботіна, В. І. Закієв\*

Донецький національний технічний університет, Донецьк  
\*Національний авіаційний університет, Київ

*Визначено властивості малопластичних сплавів методом кінетичного інденування на прикладі сталі Х12Ф1, твердого сплаву ВК30 та порошкового сплаву на основі ТiС. Оцінені енергетичні показники поведінки матеріалів і встановлено, що сплав ВК30 дисипує частину прикладеної енергії більшу (81,2 %), ніж сталь (75,4 %) та сплав на основі ТiС (68,1 %). Розрахована межа пружності при інденуванні  $\sigma_{ind}$ , яка склала  $3,9 \pm 0,7$  ГПа для сплаву на основі ТiС,  $2,6 \pm 0,3$  Па для сталі Х12Ф1,  $2,1 \pm 0,7$  ГПа для ВК30, відповідно.*

**М**етод кінетичного інденування може бути використано для визначення механічних властивостей малопластичних сплавів. Цей метод активно використовує велика кількість сучасних авторів [1 – 8].