Структура і властивості литої стрічки зі сплаву Д16 в технологічному ланцюжку «валкова розливка – гаряча прокатка – термічна обробка»

А. В. Ноговіцин, доктор технічних наук, заступник директора з науково-технічної роботи, alexey.nogovitsyn@gmail.com

А. С. Нурадинов, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, nla_73@ukr.net

А. Г. Пригунова, доктор технічних наук, завідувач відділу, adel_nayka@ukr.net

В. З. Куцова*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, kaf.material@metal.nmetau.edu.ua

Т. А. Аюпова*, кандидат технічних наук, доцент кафедри, tanyaayupova@ukr.net

І. А. Нурадінов, інженер I кат.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

*Національна металургійна академія України, Дніпро

На експериментальній установці двовалкового лиття-прокатки відпрацьовані технологічні параметри для забезпечення сталого процесу отримання листової заготовки з металу невеликої товщини. Удосконалення технології валкової розливки дозволило вперше в металургійній практиці отримати литу стрічку товщиною 2-3 мм з широкоінтервального ($>130\text{ }^{\circ}\text{C}$) алюмінієвого сплаву Д16. Досліджено вплив гарячої деформації і термічної обробки на еволюцію і кількісні характеристики структури, а також властивості отриманих листових заготовок на кожній стадії технологічного ланцюжку «валкова розливка - гаряча прокатка - термічна обробка». Встановлено, що мікроструктура алюмінієвого сплаву Д16 у литому стані після валкової розливки представлена дендритами $\alpha\text{-Al}$ твердого розчину різного ступеня розгалуженості та інтерметалідів. Пластична деформація в процесі гарячої прокатки призводить до орієнтації первинних кристалів $\alpha\text{-Al}$ в напрямку прокатки та до зменшення їх розміру в площині, перпендикулярній до поверхні листа. Підвищення ступеня обтискування до значних величин ($\epsilon \geq 87,5\%$) зумовлює утворення мікроструктури строкатого типу, а кількість інтерметалідів у структурі монотонно зменшується, що пов'язано з їх частковим розчиненням в твердому розчині. Термічна обробка після деформації сприяє зменшенню розміру та параметру форми інтерметалідів, особливо при гартуванні зі старінням. Характер змін розміру та параметру форми дендритних комірок $\alpha\text{-Al}$ від нагрівання сплаву Д16 після її деформації свідчить про ймовірні рекристалізаційні процеси. Еволюція структури литої стрічки з цього сплаву, яка відбувається під дією технологічних

факторів «валкова розливка - гаряча прокатка - термічна обробка», істотно впливає на рівень їх механічних властивостей (короткочасної міцності і відносного видовження). Найбільш високий рівень короткочасної міцності досягається при обтисненні $\varepsilon = 50\%$ (від $\sigma_{\text{в}} \approx 200$ МПа у литому стані до $\sigma_{\text{в}} \approx 450$ МПа). Відносне видовження зі збільшенням ступеня деформації також суттєво збільшується (від $\delta = 0...2\%$ у литому стані до $\delta = 20...22\%$ після прокатки та термообробки), що пов'язано зі зменшенням розміру і параметру форми кристалів як твердого розчину $\alpha\text{-Al}$, так і інтерметалідних фаз. Отримані механічні властивості стрічки зі сплаву Д16 перевищують існуючі аналоги і є значно вищими за вимоги стандартів.

Ключові слова: структура, властивості, валкова розливка, лита стрічка, прокатка, термообробка.

В умовах жорсткої конкуренції на ринку металопродукції пріоритетним напрямом розвитку металургійного комплексу України є впровадження сучасних енерго- та ресурсоефективних технологій. Однією з найбільш перспективних в цьому плані є технологія валкової розливки-прокатки з отриманням листової заготовки товщиною від 1 до 5 мм, яка відразу прокатується на тонкий лист. Така технологічна схема, що отримала назву «CASTRIP-process», особливо бурхливо розвивається в останні 20 років. Технічні та функціональні показники Castrip-технології значно вищі традиційних методів безперервної розливки сталі (таблиця) [1-3].

Крім переваг в технологічних показниках, валкова розливка сталі відрізняється від традиційних способів (таблиця) особливостями процесу структуроутворення. Прискорена кристалізація розплаву забезпечує рівномірний розподіл легуючих елементів і домішок в твердому розчині, формування дрібнокристалічної структури (розмір дендритів зменшується до 5 разів), а також має менш виражену забрудненість металу неметалевими включеннями, високу чистоту поверхні та підвищений рівень механічних характеристик [4-6]. Тому розширення можливостей використання валкової розливки для кольорових металів і сплавів, встановлення її спадкового впливу на закономірності формування структури та властивостей виробів при подальших технологічних процесах прокатки та термічної обробки являє собою важливу науково-практичну задачу.

Технологічні показники при різних методах розливки сталі [1-3]

Показник	Двоваикова розливка	Тонкослябова розливка	Традиційна безперервна розливка
Товщина литої заготовки, мм	1,6	50	220
Швидкість розливки, м/хв	80	6	2
Величина тепловідводу від рідкої сталі, МВт/м ²	14	2,5	1
Час кристалізації, с	0,15	45	1070
Середня швидкість охолодження, °С/с	1700	50	12

У роботі дослідження проведено на сплаві Д16, що відноситься до системи Al-Cu-Mg і є найбільш розповсюдженим представником групи алюмінієвих сплавів, які використовуються в деформованому вигляді після оброблення тиском

у твердому стані та термічного зміцнення. Результати диференційного термічного аналізу експериментального сплаву Д16 показали, що він характеризується великим інтервалом кристалізації (понад 130 °С).

Розливку здійснювали на двовалковій установці з діаметром валків 420 мм, лінія з'єднання центрів яких розташована під кутом 45 градусів до горизонталі. Довжина бочки – 600 мм. Швидкість охолодження в міжвалковому просторі близько 103 °С/с. Використання установки і вдосконаленої методики експерименту дозволило вперше в металургійній практиці методом валкової розливки отримати литу стрічку з широкоінтервального (>130 °С) алюмінієвого сплаву Д16.

Стрічку товщиною 3,5 мм прокатували в гарячому (400 °С) стані зі ступенем обтискування (ϵ) 0, 50, 63, 75 і 87 %. Термічну обробку зразків проводили за трьома схемами: 1 – відпал при $T = 415^\circ\text{C}$, $\tau = 2$ години, охолодження з піччю до 150 °С і далі на повітрі; 2 – гартування при $T = 495^\circ\text{C}$, $\tau = 30$ хв з охолодженням у воді, старіння при кімнатній температурі 3 доби; 3 – гартування при $T = 495^\circ\text{C}$, $\tau = 30$ хв з охолодженням у воді, старіння в печі при температурі 120 °С протягом доби і охолодження на повітрі. На кожній стадії технологічного процесу «валкова розливка - гаряча прокатка - термічна обробка», а саме: «валкова розливка + гаряча прокатка» ($T = 400^\circ\text{C}$, $\epsilon = 0\%, 50\%, 63\%, 75\%, 87\%$); «валкова розливка + термічна обробка»; «валкова розливка + гаряча прокатка ($\epsilon = 75\%$) + термічна обробка» за вище вказаними режимами, досліджували мікроструктуру та визначали механічні властивості сплаву. Аналізували вплив технологічних параметрів на кількісні характеристики структури, зокрема: E – частку інтерметалідних фаз; D – розмір кристалів інтерметалідів; A – параметр форми інтерметалідів, який визначали як співвідношення більшого розміру кристалу до меншого, R – розмір дендритних комірок, Ag – параметр форми дендритних комірок.

За результатами проведених досліджень встановлено, що мікроструктура алюмінієвого сплаву Д16 у литому стані після валкової розливки представлена дендритами $\alpha\text{-Al}$ твердого розчину різного ступеня розгалуженості, дендритні комірки яких є більш-менш рівновісними в усьому об'ємі зразка. В міждендритних просторах розташована евтектика $\alpha\text{-Al}-\Theta(\text{CuAl}_2)\text{-S}(\text{Al}_2\text{CuMg})\text{-Mg}_2\text{Si}$ (рис. 1 а, б).

Оброблення сплаву за схемою «валкова розливка + гаряча прокатка» змінює його мікроструктуру, яка суттєво залежить від ступеня деформації. Пластична деформація в процесі гарячої прокатки з обтискуванням $\epsilon = 50\%$ призводить до орієнтації первинних кристалів $\alpha\text{-Al}$ в напрямку прокатування та до зменшення їх розміру в площині, перпендикулярній до поверхні листа (рис. 1 в, г).

З огляду на те, що найбільші зміни в структурі сплаву проявляються в напрямі дії сил деформації, надалі по тексті буде наведено тільки ілюстрації структур, одержаних з поздовжньої поверхні зразків листа.

Підвищення ступеня обтискування до $\epsilon = 67,5 - 75\%$ зумовлює подальшу деформацію, подрібнення інтерметалідів, які переважно розташовані по границях дендритних комірок і разом з первинними кристалами $\alpha\text{-Al}$ орієнтовані в напрямку прокатки. Посилення цих процесів при $\epsilon = 87,5\%$ супроводжується утворенням мікроструктури строкатого типу (рис. 1 д, ж). Це зумовлено збільшенням довжини дендритних комірок $\alpha\text{-Al}$ твердого розчину і параметру їх форми (рис. 2 в, г). Разом з тим, зменшення розміру та збільшення об'ємної частки інтерметалідів (рис. 2 а, б), ймовірно, є наслідком часткового розчинення їх при нагріванні під прокатку та в її процесі.

Мікроструктуру сплаву після валкової розливки з наступною термічною обробкою за різними режимами наведено на рис. 3, її кількісні характеристики – на рис. 4. Порівняно з литим станом відпал при $T = 415^\circ\text{C}$ протягом $\tau = 2$ год.

Рис. 1. Мікроструктура сплаву Д16 після валкової розливки та гарячої прокатки з різними ступенями деформації: а, б – литий; в, г – $\epsilon = 50\%$; д, ж – $\epsilon = 87,5\%$; а, в, д – площина зразка, перпендикулярна напрямку прокатки; б, г, ж – площина зразка співпадає з напрямом прокатки.

призводить до зменшення об'ємної частки та середнього розміру кристалів інтерметалідних фаз (рис. 3 а, б; рис. 4 а, б). Незначно збільшується розмір дендритних комірок α -Al (рис. 3 а, б; 4 в), при деякому зменшенні їх розмірного фактору (рис. 4 г).

Мікроструктура загартованого від температури 495°C сплаву, зістареного при кімнатній температурі (рис. 3 в), характеризується наявністю інтерметалідів з округлими формами зростання, що пояснюється процесами сфероїдизації та коагуляції. Як і відпал, гартування зі старінням при кімнатній температурі призводить до зменшення об'ємної частки інтерметалідів та їх розміру (рис. 4 а, б). Ймовірно, в обох випадках це пов'язано з частковим їх розчиненням у α -Al твердому розчині.

Рис. 2. Кількісні характеристики структури зразків сплаву Д16 у напрямку дії сил деформації після валкової розливки і гарячої прокатки з різними ступенями деформації: а – частка інтерметалідних фаз; б – розмір кристалів інтерметалідних фаз; в – розмір дендритних комірок; г – параметр форми дендритних комірок.

Рис. 3. Мікроструктура сплаву Д16 після валкової розливки і термічної обробки за різними режимами: а – литий стан; б – відпал $T = 415^\circ\text{C}$ $\tau = 2$ год. + охолодження з піччю до 150°C , далі – на повітрі; в – нагрівання до $T = 495^\circ\text{C}$, $\tau = 30$ хв. + гартування + витримка при кімнатній температурі 3 доби; г – нагрівання до $T = 495^\circ\text{C}$, $\tau = 30$ хв. + гартування + витримка протягом доби в печі при $T = 120^\circ\text{C}$ + охолодження на повітрі.

Рис. 4. Кількісні характеристики структури сплаву Д16 залежно від технологічних факторів за схемою «валкова розливка + термічна обробка». а – частка інтерметалідних фаз; б – розмір кристалів інтерметалідних фаз; в – розмір дендритних комірок; г – параметр форми дендритних комірок; 1 – литий стан; 2 – відпал; 3 – гартування + старіння 1; 4 – гартування + старіння 2.

У структурі сплаву, загартованого від 495 °С та зістареного при 120 °С, поряд з великою кількістю дрібнокристалічних інтерметалідів – продуктів старіння, об'ємна частка та розмір яких наведено на рис. 4 а, б, сформувалися розгалужені кристали фази Mg_2Si розміром – до 20 мкм. Ці фази розташовані як по границях дендритних комірок, що може свідчити про їх кристалізаційне походження, так і в площині дендриту. Останнє, безумовно, є наслідком впливу високотемпературного старіння (рис. 3 г), в процесі якого відбувалося не тільки виділення цієї фази з твердого розчину алюмінію, але й досить інтенсивне її зростання.

Що ж до литого стану розмір дендритних комірок $\alpha-Al$ в напрямку прокатування монотонно зростає від відпаленого зразка до загартованого (рис. 4 в). Найбільший параметр форми дендритних комірок спостерігається у випадку гартування від $T = 495$ °С зі старінням при кімнатній температурі (рис. 4 г).

Дослідження структури сплаву Д16 у зв'язку з впливом технологічних факторів у ланцюжку «валкова розливка + гаряча прокатка ($\epsilon = 75\%$) + термічна обробка» за вказаними вище режимами показали, що вона складається з дендритів $\alpha-Al$ твердого розчину та інтерметалідів. Вказані структурні складові зорієнтовані у площині, паралельній напрямку гарячої прокатки. Інтерметаліди подрібнені (рис. 5 а). Термічна обробка призводить до часткової рекристалізації $\alpha-Al$ твердого розчину, а також до сфероїдизації інтерметалідних фаз, про що свідчать округлі межі розділу інтерметалід – $\alpha-Al$ (рис. 5 б, в, г).

Встановлені закономірності зміни кількісних характеристик структури сплаву Д16 (E, D, R, Ar), зумовлені дією технологічних факторів у ланцюжку «валкова розливка + гаряча прокатка ($\epsilon = 75\%$) + термічна обробка за різними режимами», свідчать (рис. 6) про те, що:

Рис. 5. Мікроструктура сплаву Д16 залежно від впливу технологічних факторів у ланцюжку «валкова розливка + гаряча прокатка ($\epsilon = 75\%$) + термічна обробка за різними режимами». а – литий стан; б – відпал при $T = 415\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau = 2$ год + охолодження з піччю до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, далі – на повітрі; в – нагрівання до $T = 495\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 30$ хв + гартування + витримка при кімнатній температурі 3 доби; г – нагрівання до $T = 495\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 30$ хв + гартування + витримка протягом доби в печі при $T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ + охолодження на повітрі.

– кількість інтерметалідів у структурі монотонно зменшується, у зв'язку з їх частковим розчиненням в твердому розчині алюмінію, гаряча прокатка сприяє подрібненню інтерметалідних фаз, є стимулюючим фактором процесу їх розчинення (рис. 6 а);

– термічна обробка після деформації сприяє зменшенню розміру (рис. 6 б) та параметру форми інтерметалідів, особливо при гартуванні зі старінням;

– характер зміни розміру та параметру форми дендритних комірок твердого розчину алюмінію свідчить про ймовірний вплив рекристалізаційних процесів, які відбуваються при нагріванні сплаву підданого деформації (рис. 6 в, г).

Еволюція структури литої стрічки зі сплаву Д16, яка відбувається під дією зовнішніх технологічних факторів, впливає також на рівень механічних властивостей (рис. 7), а саме на рівень короткочасної міцності (σ_b) і відносного видовження (δ) залежно від ступеня обтискування $\Sigma_i = h_0/h_i$, де h_0 – товщина литої стрічки, h_i – товщина стрічки після i -го обтискування.

Дані, наведені на рис. 7, свідчать, що лита стрічка ($\Sigma = 1,0$) характеризується низькими показниками міцності (σ_b) – 250 ± 50 МПа і відносного видовження (δ) – $0...2\%$. Гаряча прокатка зумовлює підвищення механічних властивостей. Найбільш високий їх рівень досягається при обтисненні $\epsilon = 50\%$ ($\Sigma = 2,0$), після чого короткочасна міцність σ_b досягає максимального значення (≈ 450 МПа). Вірогідно, це пов'язано з розчиненням інтерметалідних фаз і відповідно збільшенням пересиченості твердого розчину алюмінію. При цьому також суттєво зростають показники пластичності (δ) зі збільшенням ступеня деформації, що супроводжується

Рис. 6. Кількісні характеристики структури сплаву Д16, зумовлені впливом технологічних факторів у ланцюжку «валкова розливка + гаряча прокатка + термічна обробка». а – частка інтерметалідних фаз; б – розмір кристалів інтерметалідних фаз; в – розмір дендритних комірок; г – параметр форми дендритних комірок; 1 – литий стан; 2 – відпал; 3 – гартування + старіння 1; 4 – гартування + старіння 2.

Рис. 7. Експериментальні дані залежності короточасної міцності $\sigma_{\text{в}}$ (а) і відносного видовження δ (б) стрічки зі сплаву Д16 від ступеня обтіскування Σ_i при гарячій прокатці.

зменшенням розміру і параметру форми кристалів як твердого розчину алюмінію, так і інтерметалідних фаз, у тому числі вторинних, які утворилися після розпаду твердого розчину.

Значний вплив на механічні властивості деформованої стрічки зі сплаву Д16 має термічна обробка (рис. 8). Максимального відносного видовження ($\delta = 20 \dots 22 \%$)

Рис. 8. Вплив режимів термічної обробки на межу міцності (а) та відносне видовження (б) стрічки зі сплаву Д16 при різних ступенях обтиснення Σ : 0 – після гарячої прокатки; 1 – відпал; 2 – гартування з природним старінням; 3 – гартування зі штучним старінням.

сплав набуває при 6...8-кратному обтисненні з наступним гартуванням і природним старінням за кімнатної температури. Максимальна короткочасна міцність ($\sigma_v = 442...462$ МПа) сплаву після гартування є майже однаковою як при природному, так і при штучному старінні.

Таким чином, за результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- вперше в світовій металургійній практиці методом валкового розливання отримано литу стрічку з алюмінієвого сплаву Д16 з широким інтервалом тверднення (понад 130 °С);

- на кожному з етапів технологічного ланцюжка «валкова розливка – гаряча прокатка – термічна обробка» відбуваються суттєві зміни структури литої стрічки;

- еволюція структури стрічки, обумовлена технологічними факторами впливу в процесі валкової розливки, гарячої прокатки та термічної обробки, зумовлює закономірні зміни механічних властивостей;

- гаряча прокатка стрічок, отриманих методом валкового лиття, суттєво збільшує їх механічні властивості: короткочасна міцність стрічки набуває максимуму (≈ 450 МПа) при ступені деформації 50 % ($\Sigma = 2$); відносне видовження ($\delta = 20...22$ %) – при 6...8-кратному обтисненні;

- отримані механічні властивості стрічки зі сплаву Д16 перевищують існуючі аналоги і є значно вищими за вимоги стандартів

Література

1. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Смирнов Е.Н. Будущее непрерывной разливки стали: тонкий лист // Черная металлургия: Бюл. института «Черметинформация». – 2018. – №4. – С. 73-78.

2. Killmore C.R., Greely H., Phillips A. Development of ultra-thin cast strip products the CASTRIP-process // *Materials Forum*. – 2008. – V. 32. – P. 12-28.
3. Lindenberg H.U. u. a. *Steel Research*. – 2001. – V. 11-12. – P. 727-735.
4. Кравцов В.В. Моделювання теплофізичного процесу прискореної кристалізації литого металу // *Металознавство та обробка металів*. – 1996. – №1-2. – С. 39-41.
5. Ларіков Л.Н., Кондратюк С.Є., Стоянова О.М. Структура та властивості сплавів, швидко охолоджених з рідкого стану // *Металознавство та обробка металів*. – 1996. – №1-2. – С. 30-38.
6. Кондратюк С.Е. Малоотходные технологии кокильного литья с интенсивным теплоотводом при затвердевании и охлаждении отливки // *Литейное производство*. – 1992. – №9. – С. 56-61.

References

1. Smirnov A.N., Kuberskiy S.V., Smirnov E.N., *Chernaya metallurgiya: Byul. instituta «Chermetinformatsiya»*, 2018, No. 4, pp. 73-78[in Russian].
2. Killmore C.R., Greely H., Phillips A. *Materials Forum*, 2008, Vol. 32, pp. 12-28 [in English].
3. Lindenberg H.U. u. a. *Steel Research*, 2001, Vol. 11-12, pp. 727-735[in English].
4. Kravtsov V.V., *Metaloznnavstvo ta obrobka metaliv*, 1996, No. 1-2, pp. 39-41 [in Ukrainian].
5. Larikov L.N., Kondratyuk S.E., Stoyanova O.M., *Metaloznnavstvo ta obrobka metaliv*, 1996, No.1-2, pp. 30-38[in Ukrainian].
6. Kondratyuk S.E., *Liteynoye proizvodstvo*, 1992, No. 9, pp. 56-61 [in Russian].

Одержано 11.06.20

A. V. Nogovitsyn, A. S. Nuradinov, A. G. Prigunova, V. Z. Kutsova,

T. A. Ayupova, I. A. Nuradinov

Structure and properties of the casted tape from alloy D16 in the technological chain "roll casting - hot rolling - heat treatment"

Summary

At the experimental installation of two-roll casting, physical and technological parameters were developed to ensure a sustainable process of obtaining a sheet blank of metal of small thickness. Improving the technology of roll casting allowed for the first time in metallurgical practice to obtain a cast tape with a thickness of 2-3 mm from a wide-interval ($>130^{\circ}\text{C}$) aluminum alloy D16. The influence of hot deformation and heat treatment on the evolution and quantitative characteristics of the structure, as well as the properties of the obtained sheet blanks at each stage of the technological chain "roll casting - hot rolling - heat treatment" is studied. It was found that the microstructure of the aluminum alloy D16 in the cast state after roll casting is represented by α -Al dendrites of solid solution of different degrees of branching and intermetallics. Plastic deformation in the process of hot rolling leads to the orientation of the primary α -Al crystals in the rolling direction and to reduce their size in the plane perpendicular to the surface of the sheet. Increased compression to significant values ($\epsilon \geq 87.5\%$) causes the formation of a line-type microstructure, and the number of intermetallics in the structure decreases monotonically, which is due to their partial dissolution in

solid aluminum solution. Heat treatment after deformation helps to reduce the size and shape of intermetallics, especially during hardening with aging. The nature of changes in the size and shape of the dendritic cells α -Al from the heating of the alloy D16 after its deformation indicates a probable recrystallization process. The evolution of the structure of cast tape from this alloy, which occurs under the influence of technological factors "roll casting - hot rolling - heat treatment", significantly affects the level of their mechanical properties (short-term strength and elongation). The highest level of short-term strength is achieved by compressing $\epsilon = 50\%$ (from $\sigma_b \approx 200$ MPa in the cast state to $\sigma_b \approx 450$ MPa). The elongation with increasing degree of deformation also increases significantly (from $\delta = 0...2\%$ in the cast state to $\delta = 20...22\%$ after rolling and heat treatment), which is associated with a decrease in the size and shape of the crystals of both solid solution of α -Al and intermetallic phases. The obtained mechanical properties of the D16 alloy belt exceed the existing analogues and are much higher than the requirements of the standards.

Keywords: structure, properties, roll casting, cast tape, rolling, heat treatment.

Жунал **МОН** внесено до Переліку наукових фахових видань України згідно наказу Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020.

Повна назва журналу
**"Науково-технічний журнал
"Металознавство та обробка металів"**

Для регулярного одержання журналу потрібно перерахувати вартість замовлених номерів на розрахунковий рахунок Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України.

Вартість одного номера журналу - 50 грн., передплата на рік – 200 грн.

Ціна архівних номерів 1995 – 2019 рр. – 10 грн.

**Розрахунковий рахунок для передплатників,
спонсорів і рекламодавців:**

р/р UA828201720313251001201012215,

банк ДКСУ в м. Києві код банку 820172

Отримувач - ФТІМС НАН України, код ЄДРПОУ 05417153,

з посиланням на журнал "МОН"

Копію документа передплати та відомості про передплатника

просимо надсилати до редакції,

вказавши номер і дату платіжного документа.