



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105947** (13) **C2**

(51) МПК (2014.01)

B29C 43/02 (2006.01)

B29C 47/00

B29C 47/54 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2012 10189**

(22) Дата подання заявки: **27.08.2012**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **10.07.2014**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **11.03.2014, Бюл.№ 5**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.07.2014, Бюл.№ 13**

(72) Винахідник(и):

**Білошенко Віктор Олександрович (UA),
Возняк Андрій Васильович (UA),
Возняк Юрій Васильович (UA)**

(73) Власник(и):

**ДОНЕЦЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ ІМ. О.О. ГАЛКІНА НАН
УКРАЇНИ,
вул. Рози Люксембург, 72, м. Донецьк,
83114 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 70005 U; 25.05.2012 (6 стор.)
BELOSHENKO V.A., VARYUKHIN V.N.,
VOZNYAK A.V., VOZNYAK YU.V. Equal-
Channel Multiangular Extrusion of
Semicrystalline Polymers/ Polymer
Engineering and Science. – 2010, - Vol. 50,
pp.1000-1006
БЕЛОШЕНКО В.А., ВОЗНЯК А.В., ВОЗНЯК
Ю.В. Твердофазная экструзия полиамида,
осуществляемая при простом сдвиге /
Высокомолекулярные соединения. Серия А,
2009. - Т 51. - №8. - С.1473-1480

(54) ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЗМІЦНЕНИХ ПРУТКОВИХ ВИРОБІВ З АМОРФНО-КРИСТАЛІЧНИХ ПОЛІМЕРІВ

(57) Реферат:

Процес виготовлення зміцнених пруткових виробів з аморфно-кристалічних полімерів заснований на деформації заготовки зсувом із збереженням її вихідної форми і розмірів шляхом продавлювання за один прохід через систему, що складається з чотирьох або більшого, переважно парного, числа деформуючих каналів, які перерізають таким чином, що мають однакові поперечні перерізи і попарно знаходяться у взаємно перпендикулярних площинах при температурі заготовки, рівній 0,85-0,95 температури плавлення полімеру, швидкості екструзії 0,6-1,0 мм/с, інтенсивності деформації 0,73-0,83. Похилі деформуючі канали попарно повертають з кроком +90° навколо поздовжньої осі екструдату і розділяють вертикальними деформуючими каналами.

UA 105947 C2

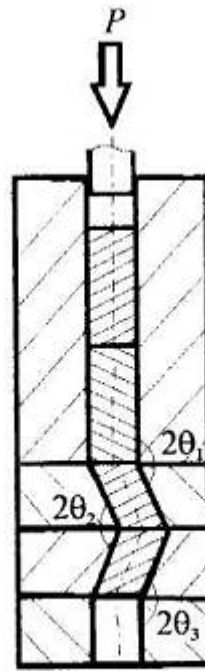


Fig. 1

Винахід належить до області твердофазної переробки полімерних матеріалів, зокрема отриманню пруткових виробів з поліпшеними фізико-механічними характеристиками із полімерів з аморфно-кристалічною структурою. Вона може бути використана в різних областях техніки, де полімери застосовуються як конструкційні матеріали.

Відомі способи виготовлення зміцнених полімерних пруткових виробів засновані на твердофазній екструзії циліндричної заготовки [В.А. Белошенко, А.А. Аскадский, В.Н. Варюхин. - Успехи химии. - 1998. - 67, № 11. - с. 1044-1067; Сверхвысокомодульные полимеры/ Под. ред. А. Чиферии, И. Уорда. - Л.: Химия. - 272 с; Белошенко В.А., Варюхин В.Н., Спусканюк В.З. Теория и практика гидроэкструзии. - Киев: Наукова думка, 2007. - 246 с]. Вони дозволяють істотно підвищувати модулі пружності та границі плинності матеріалів, що деформуються, за рахунок створення орієнтованої структури. Проте деформація вихідної заготовки супроводжується зміною її розмірів, що не завжди бажано. З цієї ж причини проблематично отримання виробів великого діаметра.

Відомий також спосіб твердофазного зміцнення шляхом деформації полімерної заготовки осадкою [В.М. Шепель, В.А. Белошенко, В.Г. Слободина. - Физика и техника высоких давлений. - 1992. - 2, № 3. - С. 76-79]. Його можливості обмежуються порівняно короткими заготовками, а сам метод вимагає великих зусиль для реалізації процесу деформації, що призводить до швидкого зносу оснастки.

Останніми роками значний інтерес викликають методи твердофазної екструзії, які засновані на простому зсуві, що входять до групи методів інтенсивної пластичної деформації і використовуються для отримання наноструктурних металевих матеріалів [Р.З. Валиев, И.В. Александров. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. - М: Логос. - 2000. - 280 с]. В роботах Sue H.-J., Li C.K.-Y. - J. Mater. Sci. Lett. - 1998. - 17, N10. - P. 853-856; Campbell B., Edward G. - Plast. Rubb. Comp. - 1999. - 28, N10. - P. 467-475; Xia Z., Sue H.-J., Hsieh A.J., Huang J. W.-L. - J. Polym. Sci. - 2001. - 39B, N12. - P. 1394-1403; Phillips A., Zhu P., Edward G. - Macromolecules. - 2006. - 39, N17. - P. 5796-5803; Wang Z.-G., Xia Z.-Y., Yu Z.-Q., Chen E.-Q., Sue H.-J., Han C.C., Hsiao B.S. - Macromolecules. - 2006. - 39. - P. 2930-2939; Kitogawa M., Kozaki T. - J. Society. Mater. Sci., Japan. - 2006. - 55. - P. 37-41; Boulahia R., Gloaguen J.M., Zairi F., Nait-Abdelaziz M., Sequela R., Boukharouba T., Lefebvre J.M. - Polymer. 2009. - 50. - P. 5508-5517; Aour B., Zairi F., Boulahia, M., Nait-Abdelazizi, J.M. Gloaguen, J.M. Lefebvre-Comput. Mater. Sci. - 2009. - 45. - P. 646-652; Aour B., Zairi F., Nait-Abdelaziz M., Gloaguen J.M., Lefebvre J.M. - Mater. Sci. Eng. - 2010. - P. 71-78; Aour B., Zairi F., Nait-Abdelaziz M., Gloaguen J.M., Lefebvre J.M. - Key Eng. Mater. - 2010. - 424. - 71-78; Wang T., Tang S., Chen J. - J. Appl. Polym. Sci. - 2011. - 122, N3. - P. 2146-2158; Qiu J., Murata T., Wu X., Kitagawa M., Kudo M. - J. Mater. Proc. Tech. - 2012. - 212. - P. 1528-1536; Li H., Huang X., Huang C, Zhao Y. - J. Appl. Polym. Sci. - 2012. - 123. - P. 2226-2227 показана перспективність застосування одного з них - рівноканальної кутової екструзії (ПККЕ) для модифікації структури і властивостей аморфно-кристалічних полімерів. ПККЕ здійснюється шляхом продавлювання полімерної заготовки через два суміжні канали, які перерізаються та знаходяться в одній площині, мають однаковий поперечний переріз, відповідний перерізу заготовки. На відміну від традиційних способів реалізації твердофазної екструзії, ПККЕ не приводить до зміни геометрії і розмірів полімерної заготовки, проте може покращувати її фізико-механічні характеристики.

З метою структурної модифікації аморфно-кристалічних полімерів отримав розповсюдження також модифікований варіант ПККЕ рівноканальна багатокутова екструзія (РКБКЕ) (Белошенко В.А., Возник А.В., Возняк Ю.В. - Высокомолек. соедин., сер.Б. - 2009. - 51. - С. 1473-1480; Beloshenko V.A., Varyukhin V.N., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V. - Polym. Eng. Sci. - 2010. - 50. - P. 1000-1006; Beloshenko V.A., Varyukhin V.N., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V. - Polym. Eng. Sci. - 2011. - 51-P. 1092-1098; Beloshenko V.A., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V. - High Pres. Res. - 2011. - 31. - P. 153-157; Beloshenko V.A., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V., Glasunova V.A., Konstantinova T.E. - Polym. Eng. Sci. - 2012. - 52-P. 1815-1820). У разі РКБКЕ заготовка продавлюється через пристрій, який складається з декількох пар каналів одного діаметра, що перерізаються під заданими кутами. Таким чином, при РКБКЕ в каналі реалізується декілька зон зсувної деформації, що дозволяє вирішувати проблему накопичення великих пластичних деформацій за один цикл процесу і, як результат, забезпечувати більш високий рівень фізико-механічних властивостей полімерів. Знакозмінний характер деформації при РКБКЕ обумовлює формування низької анізотропії міцнісних властивостей по перерізах екструдатів і збереження на високому рівні їх пластичних характеристик.

Найближчим аналогом-прототипом є технічне рішення, що відображене в описі до патенту України на корисну модель № 70005 В29С43/02, В29С47/00. Загальною ознакою винаходу, що заявляється, і прототипу є використання процесу РКБКЕ, який полягає в тому, що вихідну

полімерну заготовку продавлюють за один прохід через забезпечену нагрівачем систему з чотирьох або більше каналів, які перерізаються, мають однаковий поперечний переріз та попарно знаходяться у взаємно перпендикулярних площинах при температурі заготовки, яка дорівнює 0,85-0,95 температури плавлення полімеру, швидкості екструзії 0,6-1,0 мм/с, інтенсивності деформації 0,73-0,83.

Застосування РКБКЕ для обробки аморфно-кристалічних полімерів, як впливає з опису до патенту № 70005, підвищує їх густину, жорсткість і міцність, зберігаючи на високому рівні пластичні характеристики, забезпечуючи при цьому низьку анізотропію твердості і границі плинності.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення відомого способу твердофазної структурної модифікації аморфно-кристалічних полімерів за рахунок зміни положень площин і напрямів деформації простого зсуву (деформуючих каналів) щодо поздовжньої осі заготовки з метою підвищення пружних і міцнісних властивостей при збереженні на високому рівні їх пластичності, зменшення анізотропії міцнісних властивостей по перерізах екструдатів, зниження абсолютних значень лінійного коефіцієнта термічного розширення (вздовж і поперек).

Поставлена задача розв'язується тим, що у способі вихідну полімерну заготовку продавлюють за один прохід через забезпечену нагрівачем систему з 4-х або більшого, переважно парного, числа каналів, які перерізаються і мають однаковий поперечний переріз, що відповідає перерізу заготовки, вхідний і вихідний канали якої виконані вертикально співвісними, а похилі деформуючі канали попарно знаходяться у площинах, що повертаються з кроком $+90^\circ$ навколо поздовжньої осі екструдату і розділені вертикальними деформуючими каналами при температурі екструзії, рівній $(0,85-0,95)T_{\text{пл}}$ ($T_{\text{пл}}$ - температура плавлення), швидкості екструзії $V_e=0,6-1,0$ мм/с, інтенсивності деформації $\Delta\Gamma_1=0,73-0,83$.

Пропонований спосіб обґрунтовується відомими фактами і результатами виконаних авторами досліджень, а саме:

- Зміна маршрутів деформування (положення площини і напрямку простого зсуву) забезпечує різноманітні варіанти просторового розвитку деформації і утворення текстур, як результат досягається можливість в широких межах змінювати комплекс деформаційно-міцнісних характеристик полімерів [Xia Z., Hartwing T., Sue H.-J. - J. Macromol. Sci. - 2004. - 43B, N2. - P. 385-403; Aour B., Zairi F., Nait-Abdelaziz M., Gloaguen J.M., Lefebvre J.M. - Key Eng. Mater. - 2010. - 424. - 71-78].

- Ефективне накопичення пластичної деформації реалізується при деформуванні без проміжного охолодження екструдатів [Ward I.M., Taraiya A.K., Coates P.D. Solid state extrusion and die drawing/Eds. I.M. Ward, P.D. Coates, M.M. Dumoulin // Solid phase processing of polymers. - Munich: Hanser Publishers, 2000. - P. 328-367; Beloshenko V.A., Varyukhin V.N., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V. - Polym. Engin. Sci. - 2010. - 50. - P. 1000-1006].

Відомості, що підтверджують можливість реалізації винаходу

Дослідження проводили на різних полімерах з аморфно-кристалічною структурою: поліетилені високої густини (ПЕВГ) - CESTILENE HD1000, QUADRANT; політетрафторетилени (ПТФЕ) - P.T.F.E., QUADRANT; поліоксиметилени (ПОМ) - TECAFORM AH, ENSINGER. Зразки необхідного розміру (діаметр 15 мм, довжина 50 мм) одержували механічною обробкою промислових продуктів. Деформацію здійснювали на установці, яка схематично представлена на фіг. 1. Як маршрути деформування використовували маршрут С (похилі деформуючі канали знаходяться в одній площині), маршрут Е (похилі деформуючі канали попарно перебувають в площинах, що по черзі розгортаються на кут $\pm 90^\circ$ відносно поздовжньої осі екструдату), маршрут В+С (похилі деформуючі канали попарно перебувають в площинах, що по черзі розгортаються на кут $\pm 90^\circ$ відносно поздовжньої осі екструдату і розділені вертикальними деформуючими каналами), маршрут F (похилі деформуючі канали попарно перебувають в площинах, повернених з кроком $+90^\circ$ навколо поздовжньої осі екструдату), маршрут D+С (похилі деформуючі канали попарно перебувають в площинах, повернених з кроком $+90^\circ$ навколо поздовжньої осі екструдату і розділені вертикальними деформуючими каналами) (фіг. 2). Величину накопиченої деформації варіювали шляхом зміни числа каналів, що перерізаються

$$(\varepsilon = 2 \sum_{i=1}^n \frac{\text{ctg} \theta_i}{\sqrt{3}}, \text{ де } \theta_i - \text{половинний кут перерізу каналів, } n - \text{число кутів перерізу каналів})$$

[Белошенко В.А., Возняк А.В., Возняк Ю.В. - Высокомолек. соед., сер.Б. - 2009. - 51. - С. 1473-1480]. Швидкість екструзії складала $0,6 \cdot 10^{-3}$ м/с, температура екструзії - 383 К (ПЕВГ), 408 К (ПОМ), 523 К (ПТФЕ), інтенсивність деформації $\Delta\Gamma_1=0,83$ ($\Delta\Gamma_1=2\text{ctg}\theta_i$), що відповідало оптимальними умовами процесу [Белошенко В.А., Возняк А.В., Возняк Ю.В. - Высокомолек. соед., сер. Б. - 2009. - 51. - С. 1473-1480; Beloshenko V.A., Varyukhin V.N., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V. - Polymer Engineering and Science. - 2010. - 50. - P. 1000-1006]. Як елемент, що передає

тиск на оброблювану заготовку, використовували пруток з того ж полімерного матеріалу, що і заготовка.

Оскільки величина мікротвердості H пропорційна границі плинності σ полімеру [F.J. Balta Calleja. - In: Structure development during polymer processing. - Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. - 2000. - 375 p.], використання методу вимірювання мікротвердості дозволило отримати інформацію про ступінь зміцнення і однорідності деформації по перерізу екструдатів.

В табл. 1 наведені середні значення мікротвердості в поздовжньому \bar{H}^{\parallel} і поперечному \bar{H}^{\perp} перерізах екструдатів, величина анізотропії мікротвердості $\Delta H = 1 - \frac{H^{\perp}}{H^{\parallel}}$, яка характеризує різницю в міцнісних властивостях в поздовжньому і поперечному перерізах екструдатів, а також дисперсія мікротвердості

$$D_H = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{H} - H_i)^2}$$

(n - кількість вимірювань; H_i - результат окремо взятого вимірювання величини мікротвердості; \bar{H} - середнє значення мікротвердості) в поперечному перерізі для недеформованих зразків і після різних маршрутів РКБКЕ. Видно, що використання маршруту деформування D+C забезпечує найбільші значення \bar{H}^{\perp} , \bar{H}^{\parallel} і найменші значення ΔH , D_H , а більший зміцнюючий ефект досягається при менших значеннях ε .

Таблица 1

маршрут	ε	\bar{H}^{\perp}	\bar{H}^{\parallel}	ΔH	D _H
		МПа			
ПЕВГ					
недеформований	0	30	32	0,06	0,43
C	6,7	96	118	0,18	1,04
	9,1	105	124	0,15	1,02
E	6,7	125	141	0,11	1,03
	9,1	137	150	0,09	0,98
F	6,7	110	122	0,10	1,02
	9,1	134	146	0,08	0,95
B+C	6,3	135	150	0,10	1,00
	8,5	170	182	0,07	0,82
D+C	6,3	145	159	0,09	0,90
	8,5	194	202	0,04	0,58
ПТФЕ					
недеформований	0	40	41	0,02	0,28
C	9,1	61	70	0,13	0,46
	11,4	64	74	0,13	0,42
E	9,1	80	87	0,08	0,38
	11,4	84	90	0,07	0,35
F	9,1	75	82	0,09	0,40
	11,4	85	90	0,06	0,35
B+C	8,5	115	121	0,05	0,34
	10,5	110	117	0,06	0,35
D+C	8,5	125	129	0,03	0,30
	10,5	112	117	0,04	0,30
ПОМ					
недеформований	0	132	133	0,01	0,50
C	6,7	317	367	0,14	1,09
	9,1	320	368	0,13	1,01
E	6,7	410	445	0,08	1,05
	9,1	440	475	0,07	0,97
D+C	6,3	525	565	0,07	0,98
	8,5	575	592	0,03	0,54

Застосування РКБКЕ сприяє підвищенню пружних і міцнісних характеристик аморфно-кристалічних полімерів: модуля пружності E , границі плинності $\sigma_{\text{п}}$, границі міцності $\sigma_{\text{р}}$, виміряних при розтягуванні зразків, вирізаних уздовж напрямку екструзії (табл. 2).

Таблиця 2

маршрут	ε	E	σ _п	Σ _р	ε _п	ε _р
		МПа			%	
ПЕВГ						
недеформований	0	220	20	22	30,0	520
С	6,7	625	60	64	24,0	450
	9,1	690	62	65	24,0	448
Е	6,7	870	84	88	24,4	480
	9,1	950	90	95	24,6	505
F	6,7	915	82	85	24,5	490
	9,1	975	87	90	24,5	500
B+C	6,3	1040	90	94	24,5	495
	8,5	1270	107	112	24,7	505
D+C	6,3	1210	100	102	24,5	500
	8,5	1400	114	118	27,0	515
ПТФЕ						
недеформований	0	415	27	28	27,0	380
С	9,1	715	52	56	25,0	320
	11,4	830	58	60	25,2	317
Е	9,1	1100	75	79	25,4	344
	11,4	1180	86	88	25,4	346
F	9,1	1150	75	80	25,4	346
	11,4	1240	85	87	25,5	350
B+C	8,5	1345	92	95	25,8	362
	10,5	1340	90	90	25,7	360
D+C	8,5	1530	95	100	26,2	370
	10,5	1500	90	92	26,0	370
ПОМ						
недеформований	0	2500	54	62	7,0	25,0
С	6,7	3900	155	160	5,2	20,7
	9,1	4050	170	182	5,3	20,8
Е	6,7	5140	233	242	6,0	23,4
	9,1	5250	238	248	6,3	23,5
D+C	6,3	5700	250	255	6,2	23,6
	8,5	6500	275	282	6,5	24,0

5

Пластичність (деформація плинності $\varepsilon_{\text{п}}$ і деформація руйнування $\varepsilon_{\text{р}}$) при цьому знижується. Величина ефекту, що досягається, значною мірою визначається величиною накопиченої деформації і маршрутом деформування.

Збільшення накопиченої деформації ε приводить до зростання E , $\sigma_{\text{п}}$, $\sigma_{\text{р}}$. Однак зі зростанням ε приріст зазначених величин стає менш значним, а у випадку маршруту D+C для ПТФЕ при $\varepsilon > 8,5$ спостерігається незначний спад E , $\sigma_{\text{п}}$, $\sigma_{\text{р}}$. Величини пластичних характеристик ($\varepsilon_{\text{п}}$ і $\varepsilon_{\text{р}}$), починаючи з певних значень ε , збільшуються, наближуючись до значень вихідних недеформованих полімерів. Найкраще поєднання пружних, міцнісних і пластичних характеристик спостерігається в разі РКБКЕ, що реалізує маршрут D+C. У порівнянні з іншими маршрутами РКБКЕ кращий комплекс деформаційно-міцнісних характеристик досягається при менших значеннях ε .

Зростання мікротвердості і міцності орієнтованих аморфно-кристалічних полімерів може бути обумовлене збільшенням ступеня кристалічності зразків $\chi_{\text{с}}$ [Козлов Г.В., Белошенко В.А., Алоев В.З., Варюхин В.Н. - Физико-химическая механика материалов. - 2000. - 36, № 3. - С. 98-101]. Це підтверджується результатами вимірювання густини та розрахованими за ним значеннями $\chi_{\text{с}}$ (табл. 3). $\chi_{\text{с}}^{\text{р}} = (\rho - \rho_{\text{а}}) / (\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{а}})$, де $\rho_{\text{а}}$ і $\rho_{\text{с}}$ густина аморфної і

кристалічної фази полімеру, відповідно. Найбільший ріст ступеня кристалічності спостерігається для зразків, підданих РКБКЕ за маршрутом D+C.

Таблиця 3

маршрут	ε	ρ , г/см ³	χ_c^p
ПЕВГ			
недеформований	0	0,962	0,75
C	6,7	0,970	0,80
	9,1	0,970	0,80
E	6,7	0,976	0,82
	9,1	0,980	0,87
F	6,7	0,975	0,82
	9,1	0,980	0,87
B+C	6,3	0,979	0,84
	8,5	0,980	0,87
D+C	6,3	0,979	0,84
	8,5	0,985	0,88
ПТФЕ			
недеформований	0	2,168	0,48
C	9,1	2,172	0,49
	11,4	2,172	0,49
E	9,1	2,176	0,50
	11,4	2,179	0,51
F	9,1	2,176	0,50
	11,4	2,180	0,51
B+C	8,5	2,180	0,51
	10,5	2,179	0,51
D+C	8,5	2,189	0,54
	10,5	2,185	0,53
ПОМ			
недеформований	0	1,3952	0,58
C	6,7	1,4100	0,64
	9,1	1,4107	0,64
E	6,7	1,4212	0,68
	9,1	1,4218	0,69
D+C	6,3	1,4220	0,69
	8,5	1,4250	0,70

- 5 Застосування РКБКЕ також зумовлює зміну в поведінці відносного подовження $\Delta l/l_0$ аморфно-кристалічних полімерів при нагріванні. На фіг. 3, як приклад, показані залежності вихідного і деформованих РКБКЕ зразків ПЕВГ. Аналогічні залежності мають місце у випадку ПОМ і ПТФЕ. Недеформований зразок у всьому дослідженому температурному інтервалі поводить звичайним чином. Його довжина збільшується з ростом температури за рахунок термічного розширення. Деформування за схемою РКБКЕ змінює характер залежності $\Delta l/l_0(T)$. У разі маршрутів E, F, B+C, D+C $\Delta l/l_0$ зміщується в область негативних значень як у зразків, вирізаних в подовжньому, так і поперечному напрямках. Температура, нагрів до якої не змінює величину $\Delta l/l_0$, для вихідного ПЕВГ становить 333 К. При реалізації схеми РКБКЕ за маршрутами C, E, F, B+C, D+C ці температури відповідно становлять 340, 346, 347, 352 і 356 К.
- 10 Такий характер залежностей $\Delta l/l_0(T)$, а також підвищення температури, при якій активізуються процеси термічної усадки, може бути пов'язано зі значною витяжкою аморфної фази, збільшенням ступеня кристалічності, а також "стисненням" релаксації аморфної фази деформованими кристалітами [Salamatina O. B., Rudnev S. N., Bartczak Z., Galeski A., Oleinik E. F. - Polym. Sci. - 2011-53A-P. 775-786]. Найменша зміна $\Delta l/l_0(T)$ спостерігається в разі екструдатів, отриманих за маршрутом D+C.
- 15
- 20

Згідно з роботою Beloshenko V.A., Varyukhin V.N., Voznyak A.V., Voznyak Yu.V. - Polym. Engin. Sci. - 2010. - 50. - P. 1000-1006 зниження механічних характеристик у разі відпаду екструдованих полімерів починається при температурі близько до температури екструзії. З урахуванням цього факту в таблиці 4 наведені значення коефіцієнта лінійного термічного

розширення у відповідному інтервалі температур для недеформованих полімерів і після РКБКЕ за маршрутом D+C. Видно, що лінійний коефіцієнт термічного розширення екструдатів (вздовж і поперек) в 25-38 разів менше, ніж у необроблених полімерів.

Таблица 4

Полімер	Обробка	Інтервал температур	$\alpha^{\perp} \cdot 10^4, K^{-1}$	$\alpha^{\parallel} \cdot 10^4, K^{-1}$
ПЕВГ	Недеформований Після РКБКЕ	293-383 K	2,2	2,1
		293-383 K	-0,07	-0,06
ПТФЕ	Недеформований Після РКБКЕ	293-523 K	2,3	2,2
		293-523 K	-0,06	-0,06
ПОМ	Недеформований Після РКБКЕ	293-408 K	1,5	1,4
		293-408 K	-0,06	-0,05

5

Таким чином, використання РКБКЕ, що реалізує маршрут D+C, у порівнянні з іншими досліджуваними маршрутами деформування дозволяє досягати вищих значень густини, твердості, жорсткості і міцності аморфно-кристалічних полімерів, зберігаючи на високому рівні їх пластичні характеристики, забезпечуючи при цьому низьку анізотропію твердості та зниження абсолютних значень лінійного коефіцієнта термічного розширення (вздовж і поперек).

10

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Процес виготовлення зміцнених пруткових виробів з аморфно-кристалічних полімерів, що заснований на деформації заготовки зсувом із збереженням її вихідної форми і розмірів шляхом продавлювання за один прохід через систему, що складається з чотирьох або більшого, переважно парного, числа деформуючих каналів, які перерізають таким чином, що мають однакові поперечні перерізи і попарно знаходяться у взаємно перпендикулярних площинах при температурі заготовки, рівній 0,85-0,95 температури плавлення полімеру, швидкості екструзії 0,6-1,0 мм/с, інтенсивності деформації 0,73-0,83, який **відрізняється** тим, що похилі деформуючі канали попарно повертають з кроком +90° навколо поздовжньої осі екструдату і розділяють вертикальними деформуючими каналами.

15

20

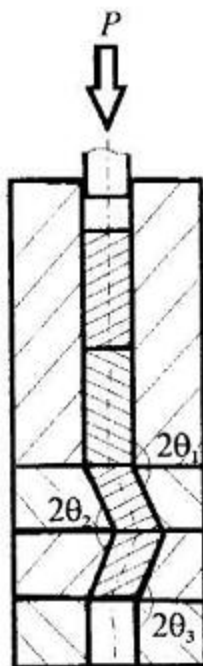
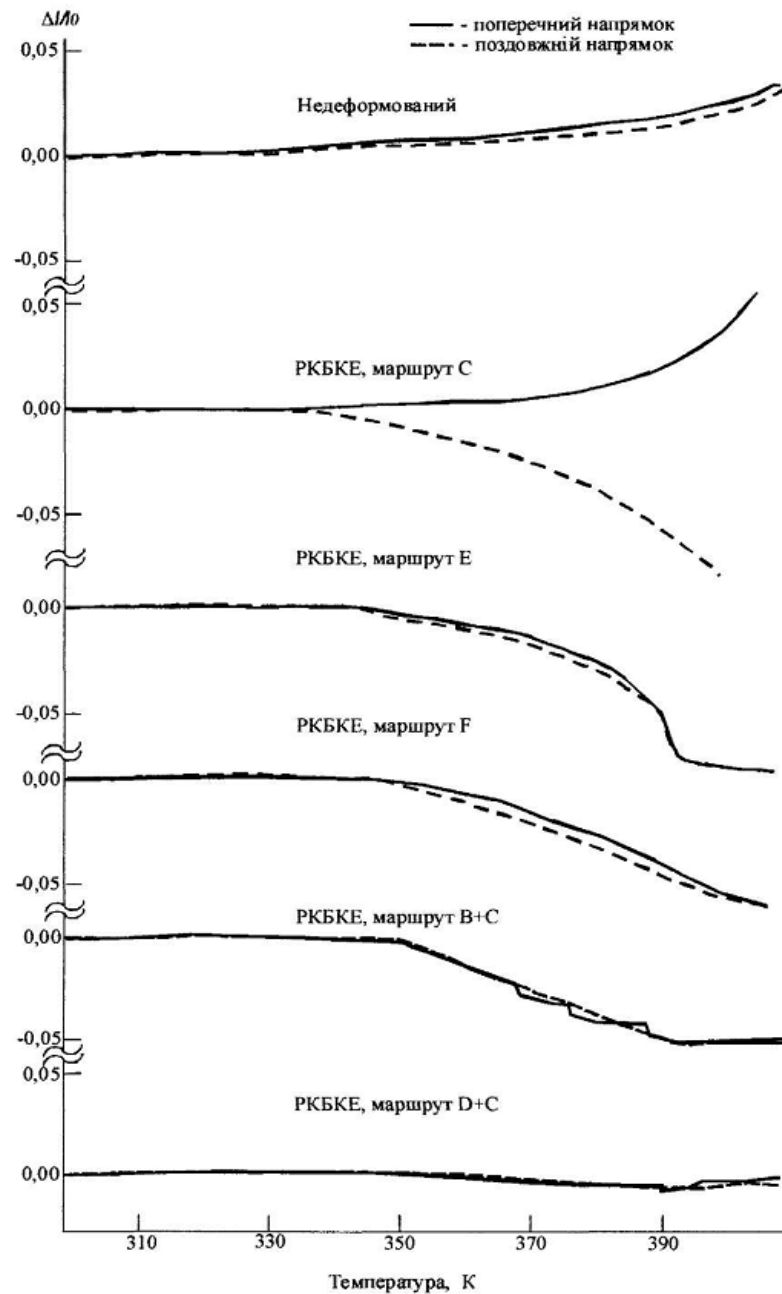


Fig. 1



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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