

5. Полімерні композитні матеріали й вироби з них. Одержання, перероблення та властивості : термінол. словн. / укл. І. О. Мікульонок, Л. Б. Радченко. – К. : Політехніка, 2005. – 179 с.
6. Мікульонок І. О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв: підруч. / І. О. Мікульонок. – К. : НТУУ «КПІ», 2010. – 412 с.
7. Мікульонок І. О. Термопластичні композитні матеріали та їх наповнювачі. Класифікація та загальні відомості / І. О. Мікульонок // Хім. пром-ть України. – 2005. – № 5. – С. 30-39.

Надійшла до редакції 01.09.2012

Mikulionok I. O., Krutas I. O.

CLASSIFICATION OF PRODUCTS FROM THE THERMOPLASTIC MATERIALS MADE BY EXTRUSION

Classification of products from the thermoplastic materials made by extrusion is executed: films, sheets, rolled materials, strips (bands) and profiles. Profile products are in more details considered.

Keywords: *thermoplastic material, extrusion, classification.*

References

1. Mirovoj i evropejskij rynek plastmass [World and European market of plastic] / *Plastics Review (Ukraine Edition)*. – 2005. – P. 4-8.
 2. Mikuljonok, I. O. Obladnannja i procesy pererobky termoplastychnykh materialiv z vykorystannjam vtorynnoji syrovyny : monohrafiija [An equipment and processes of processing of thermoplastic materials is with the use of the second raw material] / I. O. Mikuljonok. – К. : Politekhnik, 2009. – 265 p.
 3. Kim, V. S. Teorija i praktika jekstruzii polimerov [Theory and practice of extrusion of polymers] / V. S. Kim. – М. : Himija, KolosS, 2005. – 568 p.
 4. Volodin, V. P. Jekstruzija profil'nyh izdelij iz termoplastov [Extrusion of profile products from thermolayers] / V. P. Volodin. – SPb. : Professija, 2005. – 480 p.
 5. Polimerni kompozytni materialy j vyroby z nykh. Oderzhannja, pereroblennja ta vlastyvoli [Polymeric composite materials and wares from them] / I. O. Mikuljonok, L. B. Radchenko. – К. : Politekhnik, 2005. – 179 p.
 6. Mikuljonok, I. O. Vyghotvlennja, montazh ta ekspluatacija obladnannja khimichnykh vyrobnyctv: pidruchnyk [Making, editing and exploitation of equipment of chemical productions] / I. O. Mikuljonok. – К. : NTUU «KPI», 2010. – 412 p.
 7. Mikuljonok, I. O. Termoplastychni kompozytni materialy ta jikh napovnjuvachi. Klyasyfikacija ta zaghaljni vidomosti [Thermoplastic composite materials and fillers. Classification and general information] / I. O. Mikuljonok // *Khimichna promyslovist Ukrainy*. – 2005. – No 5. – P. 30-39.
-

УДК 678.027.3:[678.025+678.055](048.8)

МІКУЛЬОНОК І. О., д.т.н., проф.; КРУТАСЬ І. О., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ОХОЛОДЖЕННЯ ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОФІЛЬНИХ ВИРОБІВ З ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Показано, що обмеженою стадією виготовлення профілів з терсопластів часто є процес їх охолодження від температури формування до температури на «холодному» кінці технологічної лінії. Виконано аналіз ефективності різних пристроїв і способів охолодження екструдованих профілів.

Ключові слова: *термопластичний матеріал, екструзія, профіль, охолодження.*

Постановка проблеми. Широкого розповсюдження в різних галузях промисловості набули профільні матеріали і вироби, виготовлені із застосуванням термопластичних полімерних матеріалів методом безперервного пресування – екструзії [1-3].

Виготовлення полімеровмісних матеріалів і виробів екструзією (у першу чергу плівок, рулонних матеріалів, листів і профілів) є енерго- та ресурсоємним процесом [3]. Низька теплопровідність матеріалу і будова цієї продукції не дають змоги швидко здійснювати відведення від них теплоти, внаслідок чого охолодження часто стає обмеженою стадією виготовлення профілів, при цьому довжина зони охолодження може становити до 70 % загальної довжини технологічної лінії і досягати десятків метрів [2, 3].

Разом з тим у науковій і навчальній літературі досі майже відсутні систематизовані дані щодо аналізу пристроїв і способів інтенсифікації процесу охолодження профілів різних типів при їх виготовленні.

Метою статті є аналіз засобів для інтенсифікації процесу охолодження профілів з термопластичних матеріалів під час їх виготовлення екструзією.

Виклад основного матеріалу. Існує три типи систем охолодження екструдованих виробів: безпосереднього охолодження; калібрування; калібрування й безпосереднього охолодження.

Система безпосереднього охолодження в технологічній лінії розміщується одразу після екструзійної головки. У такий спосіб знижують температуру плівок, рулонних матеріалів і деяких профілів (як правило, «масивних» профілів, виготовлюваних з високов'язкого розплаву формостійкого термопласту [1]).

Система охолодження за допомогою калібрування в технологічній лінії розміщується також безпосередньо після екструзійної головки. У такий спосіб знижують температуру тонкостінних (зазвичай з товщиною стінки 1...2 мм) профілів. Саме для виготовлення продукції з високими вимогами до їх форми й розмірів і призначені калібратори.

Найпоширенішою ж є система охолодження за допомогою послідовно реалізованих калібрування та безпосереднього охолодження. У такий спосіб зазвичай знижують температуру листів і більшості профілів, у тому числі й труб.

У калібраторі відформований в екструзійній головці матеріал деформується, набуваючи форми й розмірів прохідного каналу калібратора, й попередньо охолоджується (саме за рахунок утворення на поверхні профілю шару затверділого матеріалу термопласту й забезпечуються форма й розміри поперечного перерізу одержуваної продукції). Ступінь охолодження матеріалу в калібраторі залежить від властивостей матеріалу (у першу чергу теплофізичних), часу калібрування та умов охолодження.

Калібратор для листових матеріалів – це дво- або тривалковий гладильний каландр з охолоджуваними валками. Потрібна товщина готового листа забезпечується розміром останнього (калібрувального) міжвалкового проміжку каландра.

Калібратор для профілів, у тому числі й гладких труб, зазвичай представляє собою сукупність калібрувальних пластин, установлених у закритій вакуумній ванні, вакуум у якій утворюється за допомогою водокільцевого вакуум-насоса. При цьому на вході у ванну розміщується коротка охолоджувана калібрувальна втулка з отворами в стінці для утворення вакууму з боку заготовки.

Довжина калібратора або блоку калібраторів, а також інтенсивність охолодження екструдату під час калібрування мають забезпечити потрібну жорсткість і міцність профілю для запобігання його пластичного деформування в наступних за калібратором пристроях технологічної лінії. У разі же виготовлення суцільних і товстостінних виробів після блоку «сухих» калібраторів розміщують ванну стабілізації – охолодну ванну з набором калібрувальних пластин, у якій охолодження здійснюється зануренням екструдату в шар води або розбризуванням води на його поверхню [1] (рис. 1).

Калібратор або блок калібраторів, як правило, монтують у складі калібрувальних столів, довжина яких становить від одного до п'яти метрів.

Основну кількість теплоти від охолоджуваного суцільного або товстостінного виробу відводять у ваннах охолодження завдовжки приблизно 2...6 м (при цьому з метою регулювання довжини ділянки охолодження, а отже, і часу охолодження ванни, іноді виготовляють розсувними).

Охолодження екструдату у ваннах, як це було зазначено, здійснюють двома основними способами: зануренням екструдату в шар води або розбризуванням води на його поверхню. Відведення теплоти від порожнистого екструдату – наприклад труб, у цьому разі здійснюється лише з боку його зовнішньої поверхні. Для інтенсифікації процесу охолодження порожнистого екструдату запропоновано його двостороннє охолодження: як з боку зовнішньої поверхні, так і з боку внутрішньої [4], водночас конструктивна реалізація внутрішнього охолодження екструдату в більшості випадків ускладнена.

Охолодження екструдату зануренням у шар води здійснюють і для суцільних, і для порожнистих профілів зовнішнім еквівалентним діаметром до 50 мм. Збільшення діаметра призводить до зростання виштовхувальної сили, що діє на екструдат, що передбачає застосування примусового занурювання під дією механічних пристроїв, які можуть пошкодити поверхню екструдату та zdeформувати його. Крім

того, охолодження занурюванням передбачає значну витрату води. Тому охолодження розбризкуванням води на поверхню екструдату вважають доцільнішим.



Рис. 1 – Класифікація методів охолодження екструдованих профілів

Проте іноді від охолодження занурюванням відмовитися неможливо. Це стосується в першу чергу виробництва продукції невеликих розмірів (стренг, штапиків, рейок, трубочок та ін.), коли охолодження розбризкуванням стає малоефективним.

Якщо потрібне не «ударне», а плавне охолодження екструдату, наприклад, при виготовленні електричних проводів, забезпечують послідовне проходження екструдатом декількох ванн охолодження, зокрема з трьох ванн з водою, що має температуру 90, 60 і 20 °С відповідно. Деколи застосовують не водяне, а повітряне охолодження (як в умовах вільної, так і вимушеної конвекції), наприклад, при низькій швидкості руху екструдату з малою площею поперечного перерізу.

Під час руху екструдату в шарі малорухомої води має місце утворення біля його поверхні примежового ламінарного шару, який істотно уповільнює процес охолодження. Для руйнування ламінарного шару води застосовують різноманітні діафрагми, повітряно-бульбашкову завісу в шарі води [5], руйнування його струменями води [2], зокрема закручуванням потоку [6], або вібрацію ванни [7].

Використання діафрагм, які безпосередньо контактують з поверхнею екструдату (навіть виготовлених із м'якої гуми), часто буває недоцільне, оскільки вони можуть пошкодити поверхню. Крім того, певний набір таких діафрагм придатний для використання лише обмеженого діапазону зовнішніх розмірів екструдату. Більш універсальними є ірисові діафрагми, які дають змогу регулювати їх прохідний отвір у широкому діапазоні діаметрів [5].

Повітряно-бульбашкова завіса, що утворюється в шарі води за допомогою барботерів, на відміну від діафрагм, дозволяє не лише повністю уникнути механічного контакту екструдату зі сторонніми елементами ванни охолодження, але й ефективно руйнувати нагрітий ламінарний шар охолодної води для довірливих форми і розмірів поперечного перерізу одержуваного екструдату [5].

Руйнування нагрітого ламінарного шару охолодної води біля поверхні екструдату струменями води потребує підвищеної витрати води та енергетичних затрат. Застосування же закручування потоку навколо поверхні екструдату доцільно лише для круглих профілів і має ті самі недоліки, що і попереднє технічне рішення. Використання вібраційних ванн негативно впливає на роботу обслуговуючого персоналу та навколишнього обладнання, а також передбачає надійні ущільнення на вході екструдату у ванну і на виході з неї.

Є певні недоліки і в зрошувальних системах охолодження: вода, що стікає по поверхні екструдату (в першу чергу трубчастого), поступово формується у водяну плівку, товщина якої істотно збільшується в нижній частині екструдату, що призводить до його нерівномірного охолодження, утворення різних за

значенням залишкових напружень по поперечному перерізу готової продукції та наступного її деформування.

Ґрунтовні теоретичні та експериментальні дослідження [3, 4] показали ефективність комбінованого по довжині екструдату водно-повітряного охолодження: регулюванням довжини, кількості й послідовності розміщення водяних і повітряних ділянок охолодження можна не лише знизити витрату охолодної води, а й зменшити загальну довжину зони охолодження, а також залишкові напруження в готовому виробі.

Як було зазначено, у більшості випадків продуктивність технологічної лінії обмежується саме процесами калібрування та охолодження. Проте для деяких матеріалів (полікарбонату, поліметилметакрилату) інтенсифікація процесу охолодження може істотно знизити якість одержуваної продукції внаслідок огрубіння поверхні, втрату глянцю, а також утворення в матеріалі залишкових напружень, які призводять до поступової зміни форми й розмірів виробу та зниження його фізико-механічних властивостей [1].

І, нарешті, ще одним з можливих шляхів приведення у відповідність «надлишкової» продуктивності екструдера та обмеженої стадії охолодження екструдату невеликої площі поперечного перерізу є використання багатострумкових екструзійних головок, коли забезпечувана екструдером витрата розплаву термопласту рівномірно розподіляється по всіх формувальних фільерах головки, уповільнюючи при цьому швидкість руху декількох потоків екструдату порівняно з єдиним потоком у традиційній технологічній лінії [1]. У такий спосіб застосовують головки з двома-чотирма формувальними фільерами для виробництва простих виробів або значно більшою кількістю фільер під час «холодного» гранулювання термопластів [3].

Висновки. Для охолодження профілів різних типів при їх виготовленні екструзією не існує універсальних засобів. Кожний виріб залежно від його форми, конструкції й матеріалу потребує ретельного аналізу умов охолодження та їхнього впливу на якість одержуваної продукції. Сьогодні такий аналіз переважно здійснюють експериментально, проте цей підхід передбачає істотні витрати матеріальних та енергетичних ресурсів, тому є доцільнішим числове моделювання процесу перероблення відповідної сировини у виріб.

У подальшому передбачається продовжити дослідження в цьому напрямі, з'ясувавши якісний і кількісний вплив режиму охолодження одержуваних екструзією профільних виробів з термопластів на якісні показники кінцевої продукції залежно від її конструкції й матеріалу.

Список використаної літератури

1. Володин, В. П. Экструзия профильных изделий из термопластов / В. П. Володин. – СПб. : Профессия, 2005. – 480 с.
2. Ким, В. С. Теория и практика экструзии полимеров / В. С. Ким. – М. : Химия, КолосС, 2005. – 568 с.
3. Мікульонок, І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини : монографія / І. О. Мікульонок. – К. : Політехніка, 2009. – 265 с.
4. Вознюк, В. Т. Інтенсифікація процесу виготовлення екструдованих полімерних труб : монографія / В. Т. Вознюк, І. О. Мікульонок. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 142 с.
5. Вознюк, В. Т. Екструдовані полімерні труби. Методи підвищення ефективності процесу охолодження / В. Т. Вознюк, І. О. Мікульонок // Хім. пром-ть України. – 2012. – № 2. – С. 46-49.
6. А.с. 409885 СССР, МКИ В 29 С 47/88. Устройство для охлаждения экструдированных полимерных изделий.
7. А.с. 446432 СССР, МКИ В 29 С 47/88. Способ охлаждения экструдированных изделий.

Надійшла до редакції 12.02.2012

Mikulionok I. O., Krutas I. O.

COOLING OF EXTRUDED PROFILES FROM THERMOPLASTICS

It is shown that a limiting stage of manufacturing of profiles from thermoplastics often is process of their cooling from temperature of formation to temperature on the cold end of a technological line. The analysis of efficiency of various devices and ways of cooling of extruded profiles is made.

Keywords: *thermoplastic material, extrusion, profile, cooling.*

References

1. Volodin, V. P. Jekstruzija profil'nyh izdelij iz termoplastov [Extrusion of profile products from thermoplasts] / V. P. Volodin. – SPb. : Professija, 2005. – 480 p.
2. Kim, V. S. Teorija i praktika jekstruzii polimerov [Theory and practice of extrusion of polymers] / V. S. Kim. – M. : Himija, KolosS, 2005. – 568 p.
3. Mikuljonok, I. O. Obladnannja i procesy pererobky termoplastychnykh materialiv z vykorystannjam vtorynnoji syrovyny: monografija [An equipment and processes of processing of thermoplastic materials is with the use of the second raw material] / I. O. Mikuljonok. – K. : Politekhnik, 2009. – 265 p.
4. Voznjuk, V. T. Intensyfikacija procesu vygotovlennja ekstrudovanykh polimernykh trub: monografija [Intensification of process of making of the extruded polymeric pipes] / V. T. Voznjuk, I. O. Mikuljonok. – K. : NTUU «KPI», 2012. – 142 p.
5. Voznjuk, V. T. Ekstrudovani polimerni truby. Metody pidvyshhennja efektyvnosti procesu okholodzhennja [Polymeric pipes are extruded. Methods of increase of efficiency of cooling process] // V. T. Voznjuk, I. O. Mikuljonok // Khimichna promyslovistj Ukrainy. – 2012. – No 2. – P. 46-49.
6. А.с. 409885 USSR, IPC B 29 C 47/88. Ustrojstvo dlja ohlazhdenija jekstrudirovannykh polimernykh izdelij [Device for cooling of the extruded polymeric wares].
7. А.с. 446432 USSR, IPC B 29 C 47/88. Sposob ohlazhdenija jekstrudirovannykh izdelij [Method of cooling of the extruded wares].

УДК 66.099.2-046.67

КОРНІЄНКО Я. М., д.т.н., проф.; МАРТИНЮК О. В., зав. лаб.; МЕЛЬНИК М. П., магістрант;
ГАЙДАЙ С. С., магістрант; СЕМЕНЕНКО Д. С., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ВНУТРІШНЬОГО ДЖЕРЕЛА ЦЕНТРІВ ГРАНУЛЯЦІЇ ПРИ ОДЕРЖАННІ ГУМІНОВО-МІНЕРАЛЬНИХ ТВЕРДИХ КОМПОЗИТІВ

Наведено результати експериментальних досліджень процесу одержання з рідких систем гуміново-мінеральних добрив.

Ключові слова: гуміново-мінеральні добрива, грануляція.

Постановка проблеми. Застосування техніки псевдозрідження [1] для зневоднення та грануляції композитних гетерогенних систем дозволяє досягти зазначеної мети.

Безперервний процес одержання гуміново-мінеральних композитів пов'язаний із стабілізацією дисперсного складу гранул у псевдозрідженому шарі завдяки існуванню джерела центрів грануляції. Якщо інтенсивність подрібнення великих гранул в апараті є недостатньою – внутрішній рецикл, необхідно вводити ззовні нові центри грануляції – зовнішній рецикл. Визначення умов стабілізації дисперсного складу гранул в апараті при зневодненні рідких систем за рахунок внутрішнього рециклу є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях [2, 3] наведено математичну модель щодо визначення заданої потужності зовнішнього джерела нових центрів грануляції з відповідним дисперсним складом. Для промислової реалізації найбільш технологічно прийнятним є стабілізація дисперсного складу за рахунок внутрішнього рециклу.

Метою досліджень є визначення умов і збільшення потужності внутрішнього джерела нових центрів грануляції.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили на пілотній установці з розмірами камери гранулятора $0,1 \times 0,3 \times 0,8$ м, у якій встановлено напрямну вставку. Співвідношення висоти шару до зведеного діаметра гранулятора – $H/D > 4,0$. Як робочий використовували розчин (40 %) сульфату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ із домішками гуматів. Як початкові центри грануляції використовували гранули з розміром еквівалентного діаметра $D_e = 2,7$ мм. Температура теплоносія на вході в шар під час досліду змінювалася в діапазоні від 140 до 220 °С, у шарі $T_{\text{ш}}$ – від 94 до 115 °С.