

ПРОЕКТИРАНЕ НА ШПРИЦФОРМА ЗА ЛЕЕНЕ ПОД НАЛЯГАНЕ НА ПРОБНИ ТЕЛА ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ТЕРМОПЛАСТИЧНИ МАТЕРИАЛИ

Николай ГЕОРГИЕВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България

e-mail: nbgeorgiev@tu-sofia.bg

Резюме: В статията е представен подход за проектиране на шприцформа за леене под налягане на универсални пробни тела, отговарящи на изискванията на стандарт БДС EN ISO 20753:2019. Формата е предназначена за леене под налягане на универсални пробни тела тип А1 и отговаря на изискванията за конструиране на шприцформи за пробни тела, посочени в БДС EN ISO 294-1:2017. Конструкцията на инструмента е базирана върху стандартен пакет плочи с габаритни размери 196 x 246 мм. Възможна е подмяна на плочата, съдържаща формообразуващата кухина, с друга, която да формува други типове пробни тела от посочения стандарт. Конструирането на отделните детайли, както и създадената управляващата NC програма за обработка на формообразуващата кухина е реализирана с помощта на SolidWorks 2021. Произведени са 10 броя тестови пробни тела от полиамид 6 (РА6) за валидиране на коректната работа на инструмента, както и за потвърждаване на размерите на полученото пробно изделие спрямо изискванията в стандарта.

Ключови думи: универсални пробни тела, леене под налягане, определяне на свойствата при опън, термопластични полимери, шприцформа за пробни тела

1. ВЪВЕДЕНИЕ

През 80-те години на миналия век, Европейският пазар на термопластични полимери се разраства експоненциално. За едно десетилетие броят на предлаганите марки термопластични смеси се увеличава с над 10 000. Само в Германския институт по стандартизация DIN са публикувани над 2500 технически спецификации на полимери. В техническите спецификации на разработваните смеси се

цитират различни стандарти за изпитване и определяне на физикомеханичните свойства, като това обаче не е включвало вида и технологията за производство на пробните тела. В същия този период персоналните компютри стават все по-достъпни и започват масовото да се използват за събиране на база данни от изпитванията на различни полимери. Производителите на пластмасови изделия и производители на полимери, независимо един от друг, реализират изпитванията, използвайки различни методи и стандарти. Тогава в бранша

се повдига въпросът за въвеждане на унифицирани стандарти, които да гарантират съпоставимостта на резултатите от изпитванията [6].

През 1984 г. комисията от Германския институт по стандартизация DIN започва да създава списък с предпочитани методи за изпитване, с потенциал за международна стандартизация, които да могат да се провеждат с ограничен брой типове пробни тела.

В европейския комитет за стандартизация предложението е доразработено с участието на Англия, Франция и Западна Германия от Технически комитет ISO/TC61 „Пластмаси“ и през 1990 година са публикувани следните международни стандарти [6]:

- БДС EN ISO 10350-1 Пластмаси. Получаване и представяне на сравними едноточкови данни. Част 1: Материали за формуване;

- БДС EN ISO 11403-1 Пластмаси. Получаване и представяне на сравними многоточкови данни. Част 1: Механични свойства;

- БДС EN ISO 11403-2 Пластмаси. Получаване и представяне на сравними многоточкови данни. Част 2: Термични и технологични свойства.

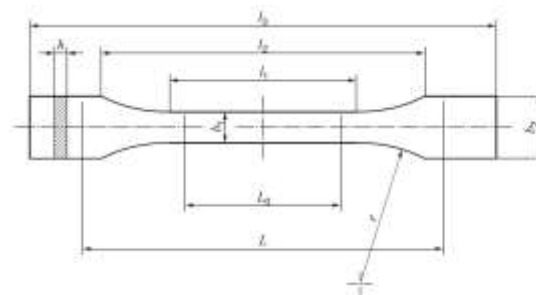
В днешно време всички производители на полимерни продукти в техническите си спецификации представят физикомеханичните свойства на материалите, които са изпитвани съгласно горепосочените стандарти. Това дава възможност свойствата на материалите от различните производители да бъдат сравними

помежду си. Технологиата за изработката на пробните тела също е стандартизирана [5, 6].

2. ПРОБНИ ТЕЛА ЗА ИЗПИТВАНЕ СЪГЛАСНО БДС EN ISO 20753:2019

Стандартът БДС EN ISO 20753:2019 определя изискванията, свързани с пробни тела за изпитване на пластмаси, използвани чрез леене под налягане или изрязване от листов материал. Пробните тела от тип А1, показани на фиг. 1 са приети за универсални пробни тела. От тях с проста машинна обработка се получават производни пробни тела, необходими за различни типове изпитвания, цитирани в приложение А на стандарта [1]. Част от изпитванията, които могат да бъдат осъществени с пробно тяло А1 са:

- Определяне на свойствата при опън;
- Определяне поведението при пълзене;
- Определяне на свойствата при огъване;
- Определяне якост на удар по Charpy;



Фиг.1 Универсално пробно тяло – тип А1 [1]

Съществените размери на универсалното пробно тяло тип А1 от стандарта са $l_1 = 80 \pm 2$ mm, $b_2 = 10 \pm 0.2$ mm и $h = 4 \pm 0.2$ mm [1]. Получените данни за свойствата, използвайки пробни тела съгласно стандарта, създават условия за висока повторяемост и възпроизводимост на резултатите. Също така е възможно да бъде изследвано влиянието на параметрите на процеса на леене под налягане върху характеристиките на полимера.

Пробните тела за изпитване се подготвят в съответствие със спецификацията на конкретния материал. Когато това не е изрично споменато, пробните тела трябва да бъдат произведени чрез леене под налягане съгласно БДС EN ISO 294-1, пресовани съгласно БДС EN ISO 293 или произведени чрез машинна обработка спрямо БДС EN ISO 2818. Шприцформи, произведени съгласно изискванията на БДС EN ISO 294 се препоръчват, тогава когато ще се генерират данни, които ще бъдат сравнявани [2].

В Европейската общност съществува още един стандарт, който определя универсалните пробни тела, а именно БДС EN ISO 3167:2014. Посочените универсални пробни тела в него напълно съвпадат с тези в БДС EN ISO 20753:2019. Въпрос на време е този стандарт да излезе от употреба, както това е споменато и в описанието му [1, 2].

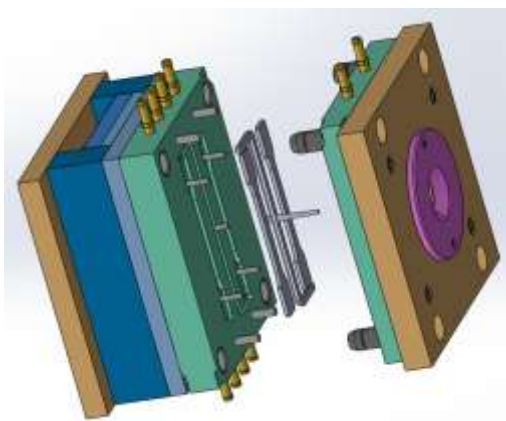
3. РАЗРАБОТВАНЕ НА ШПРИЦФОРМА ЗА ЛЕЕНЕ ПОД НАЛЯГАНЕ СЪГЛАСНО БДС EN ISO 294-1:2017

Конструкцията на шприцформата за леене под налягане на универсални пробни тела тип А1, отговарящи на стандарт БДС EN ISO 20753:2019, е базирана върху стандартен пакет плочи, предлагани на пазара от водещ производител на стандартизирани елементи за технологична екипировка. Габаритните размери на пакета на шприцформата са 196 x 246 mm, като основните две плочи, образуващи формообразуващата кухня, са избрани от материал 40CrMnMoS 8-6, имащ висока якост и твърдост. Тази стомана се подлага добре и на термична обработка, която ще увеличи износустойчивостта на инструмента и неговият експлоатационен живот. Това се налага, особено при използването на стъклонапълнени смеси, които са изключително абразивни под въздействието на високо налягане по време на леенето под налягане. Останалите плочи са избрани да бъдат от стандартна нелегирана стомана С 45 U [4].

На фиг. 2 е показан 3D модел на проектираната шприцформа и пробно тяло. При проектирането на инструмента са изпълнени всички изисквания посочени в стандарт БДС EN ISO 294-1:2017, който регламентира изработката на шприцформа за пробни тела [3].

Шприцформата се състои от две основни половини – подвижна и неподвижна (захваната за неподвижната част на шприц машината). Проектираната шприцформа е двугнездова, т.е. произвежда два броя пробни тела на един работен ход на машината. Размерите на формообразуващата кухня са дефинирани съгласно допуските, посочени в стандарта. Избран е Z-образен канал на пълнене на изделията, като това спомага за балансиране на формата и едновременно запълване на двата броя пробни тела. Обемът на

формообразуващата кухня, включващ леяковата втулка, развеждащите канали и втоци, е 29.02 cm^3 , а площта 70.50 cm^2 .



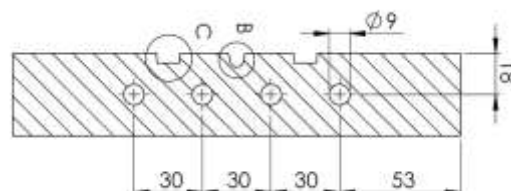
Фиг.2 3D модел на шприц форма за леене под налягане на универсални пробни тела тип А1

Предвидени са 5 бр. цилиндрични изхвъргачи $\varnothing 5 \text{ mm}$, за изваждане на готовото изделие от инструмента и 4 бр. връщачи $\varnothing 8 \text{ mm}$, които имат функцията да връщат изхвъргачната система в начално положение. Всички те са изработени от обемно закалена стомана 115CrV3, което им гарантира дълъг експлоатационен живот. Проектиран е т. нар. „скубач“ от конусен тип, който при отваряне на формата задържа изделието в подвижната половина на формата.

Предвидени са също temperиращи проходни канали в двете основни плочи:

- два проходни отвора в неподвижната плоча, които попадат точно върху самото изделие с размер $\varnothing 9 \text{ mm}$;

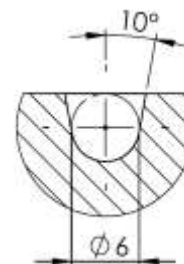
- четири проходни отвора в подвижната плоча с размер $\varnothing 9 \text{ mm}$, които са разположени спрямо изискването в стандарта (фиг. 3).



Фиг.3 Сечение, показващо разположението на temperиращите канали в подвижната плоча

Основните технически изисквания към шприц формата съгласно стандарта са [3]:

- диаметърът на леяковата втулка от страната на дюзата на машината да бъде минимум 4 mm ;
- широчината и височината (или диаметърът на вписана окръжност) на сечението на развеждащите канали да бъде най-малко 5 mm (фиг. 4);



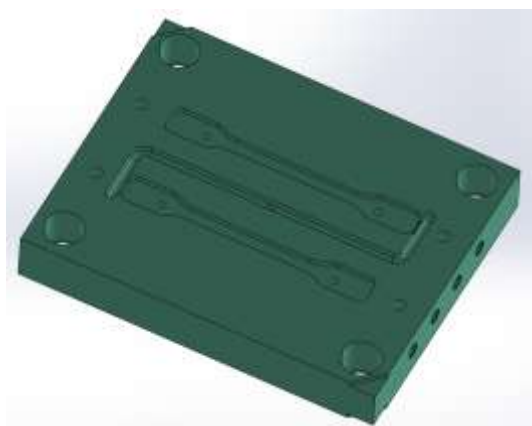
Фиг.4 Сечение на развеждащите канали до формообразуващата кухня на пробните тела

- формообразуващите кухни трябва да бъдат пълнени самостоятелно от един вток едностранно;

- височината на втока трябва да бъде най-малко две трети от височината на изделието и широчината на втока трябва да бъде равна на тази на изделието;

- втокът трябва да бъде възможно най-къс, като дължината не трябва да превишава 3 mm. (фиг. 6);

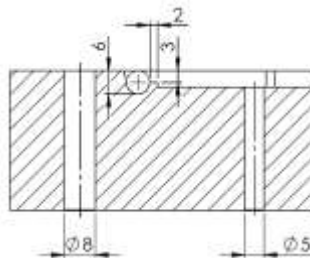
- ъгълът на наклон на развеждащите канали трябва да бъде най-малко 10° , но не повече от 30° . Ъгълът на наклон на формообразуващата кухня трябва да бъде не по-голям от 1° .



Фиг.5 Общ изглед на формообразуващата плоча

- за да може да се работи с материали с различното свиване, размерите на кухината за пробни тела тип A1 трябва да бъдат в следните диапазони: дълбочина: от 4,0 mm до 4.2 mm; широчина на централната част на гнездото: от

10,0 mm до 10,2 mm; функционална дължина на гнездото: от 80 mm до 82 mm;



Фиг.6 Сечение, показващо конструкцията на втока

- Изхвъргачите да бъдат разположени извън зоната на тестване, а именно извън секцията 80x10 mm, показано на фигура 7 [3].



Фиг.7 Размери за машинна обработка на формообразуващата кухня на пробното тяло

4. РЕАЛИЗАЦИЯ И ИЗПЪЛНЕНИЕ

Формообразуващата кухня и всички прилежащи отвори за изхвъргачите са обработени на хоризонтален център, като за целта е изработена управляваща програма с помощта на SolidWorks CAM 2021. След извършването на машинната обработка формата

е сглобена, като двете половини са шлайфани на плосък шлайф, за да бъде осигурена равнинност по делителната повърхнина.

Проведени са тестове с материал полиамид 6 (РА6), за да бъде валидирана функционалността на самата форма и получените размери на пробните тела.



Фиг.8 Формообразуваща кухня на шприцформата преди йонно азотиране

Измерени са функционалните размери на 10 бр. тестови пробни тела с помощта на дигитален шублер с клас на точност 0.02 mm и резултатите са представени в таблица 1.

табл.1 Размери на получените тестови пробни тела

Но на образец	Дължина l_1 [mm]	Широчина b_1 [mm]	Дебелина h [mm]
1	81,90	9,86	4,02
2	81,95	9,85	4,01

3	81,96	9,86	4,03
4	81,94	9,87	4,00
5	81,95	9,85	3,99
6	81,96	9,86	4,00
7	81,96	9,85	4,04
8	81,96	9,86	4,01
9	81,94	9,85	4,02
10	81,95	9,86	4,01

Получените размери на тестовите пробни тела отговарят на изискванията, специфицирани в стандарт БДС EN ISO 20753:2019 [1].



Фиг.9 Тестови универсални пробни тела тип А1 спрямо стандарт БДС EN ISO 20753:2019

Като последващо действие е предвидено термообработване на формообразуващите плочи. Избран е технологичния процес на йонно азотиране, който повишава твърдостта (между 55÷60 HRC) на детайлите и устойчивостта им

срещу корозия и износване без да предизвиква деформации, което гарантира дълъг експлоатационен живот на инструмента.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектираната и изработена шприцформа има следните предимства:

- относително ниска маса и малки габарити;
- ниска себестойност спрямо готови решения на пазара;
- възможност за лесна подмяна на формообразуващите плочи с цел производство на други типове пробни тела;

Резултатите от метрологичния анализ на получените тестови пробни тела потвърждават, че така изпълнената шприцформа напълно отговаря на изискванията на БДС ISO EN 294-1:2017 и БДС ISO EN 20573:2019. Термообработката на формообразуващите плочи гарантира дълъг експлоатационен живот на инструмента, а произведените пробни тела могат да се използват за широк спектър от изпитвания.

Благодарности

Резултатите са получени по проект „В помощ на докторанти“ на тема "Разработване на технологична екипировка за изследване на стареенето на термопластични полимери" (№ 211ПД0004-06), финансиран от субсидията за научни изследвания в ТУ-София.

Литература

1. **БДС EN ISO 20753:2019**, Пластмаси. Пробни тела за изпитване
2. **БДС EN ISO 3167:2014**, Пластмаси. Универсални пробни тела за изпитване
3. **БДС EN ISO 294-1:2017**, Пластмаси. Леене под налягане на пробни тела за изпитване от термопластични материали. Част 1: Общи принципи и формуване на универсални пробни тела и пръчки
4. **Петко Събев**, Конструирание на пластмасови изделия и шприцформи. София, Хайкад Инфотех, 2017.
5. **CWFG**, Contents of CAMPUS®, Frankfurt, 2020, p.5
6. **www.campusplastics.com**. Посетен на 01.10.2021г.

DESIGN OF INJECTION MOLD USED FOR MANUFACTURING OF MULTIPURPOSE TEST SPECIMENS OF THERMOPLASTIC MATERIALS

Nikolay GEORGIEV

Department Machine Elements and Non - metallic Constructions, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: nbgeorgiev@tu-sofia.bg

Abstract: The article presents an approach for designing an injection mold for manufacturing of multipurpose test specimens according to the requirements specified in the standard EN ISO 20753:2019. The mold is specialized in injection molding of multipurpose test specimens type A1 and its design corresponds to the standard EN ISO 294-1:2017. The construction of the tool is based on a standard package of mold plates with overall dimensions of 196x246 mm. It is possible to replace the plate containing the cavity with another plate containing different test specimen shape stated in the standard. The construction of the individual parts and the subsequent NC program for machining of the cavity is created with the help of SolidWorks 2021. Ten test pieces of polyamide 6 (PA6) were molded to test the correct operation of the tool and verify the product dimensions according to the requirements of the standard.

Keywords: multipurpose test specimen, injection molding, determination of tensile properties, thermoplastic materials, mold for test specimens
